

Aus der Augenklinik
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster
(Direktor: Prof. Dr. H.-J. Kühle)

**Untersuchungen zur Aniseikonie
und zu binokularen Funktionen
bei einseitiger Aphakie
mit dem Bioptrimeter nach REINER**

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung des Doktorgrades der Medizin
der Fachbereiche
5 Vorklinische und Theoretische Medizin
und
6 Klinische Medizin
der Medizinischen Fakultät
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

vorgelegt von
Andreas Degenhardt
aus Göttingen

1981

Aus der Augenlinik
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster
(Direktor: Prof. Dr. H.-J. Kühle)

Untersuchungen zur Aniseikonie und zu binokularen
Funktionen bei einseitiger Aphakie mit dem
Biotometer nach REINER

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung des Doktorgrades der Medizin
der Fachbereiche

- 5 Vorklinische und Theoretische Medizin und
- 6 Klinische Medizin

der Medizinischen Fakultät
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

vorgelegt von

Andreas Degenhardt

aus Göttingen

1981

Gedruckt mit Genehmigung
der Medizinischen Fakultät der
Westfälischen Wilhelms-Universität Münster



Dekan: Prof. Dr. Hermann Themann

1. Berichterstatter Priv. Doz. Dr. J. Reiner

2. Berichterstatter Prof. Dr. H.-J. Kühle

Aus der Augenklinik
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

Referent: Priv.Doz. Dr. J. Reiner

Korreferent: Prof. Dr. H.-J. Kühle

Z u s a m m e n f a s s u n g

Degenhardt, Andreas

UNTERSUCHUNGEN ZUR ANISEIKONIE UND ZU BINOKULAREN FUNKTIONEN BEI EINSEITIGER APHAKIE MIT DEM BIOPTOMETER NACH REINER

Zur Klärung der Frage, inwieweit einseitig aphake Patienten, die mit Kontaktlinse korrigiert sind, in ihrem Binokular- und stereoskopischen Sehen eingeschränkt und von Aniseikonie betroffen sind, wurden 43 Patienten nach Operation einer einseitigen traumatischen oder nichttraumatischen Katarakt nachuntersucht. Bei den Untersuchungen wurde erstmals das Biop-
tometer nach REINER eingesetzt, welches dem Untersucher gestattet, stufenlos in allen Entfernungen von 0,35 m bis Unendlich in einem Gerät binokulare Funktionen und Aniseikonie zu prüfen. Auch eine Testscheibe zur quantitativen Aniseikoniebestimmung fand erstmals klinische Anwendung.

32 Patienten (74%) erreichten Binokularsehen. Abgestuft nach dem Grad des Binokularsehens wurde eine Einteilung in 4 Gruppen vorgenommen. 6 Patienten hatten optimale binokulare Sehergebnisse aufzuweisen. Es zeigte sich, daß folgende Faktoren das beidäugige Sehen positiv beeinflussten:

Höherer Visus, höheres Alter des Patienten, Zustand nach Op einer nicht traumatischen Katarakt, Tätigkeit in mehr geistigem Beruf und höhere Schulbildung, lange tägliche Tragezeit der Kontaktlinse, längere Tragedauer seit Verordnung der Haftscheibe, kurzes Intervall zwischen Operation und Korrektur der einseitigen Aphakie.

Die Aniseikonie hat außer bei extrem hohen Werten ($> 12\%$) keinen statistisch gesicherten Einfluß auf das Binokularsehen.

Entgegen der optisch berechenbaren Aniseikonie von 7% bei einseitig getragener Kontaktlinse, lagen die Aniseikoniewerte unserer auskorrigierten Patienten im Durchschnitt unter 7%.

Ein Patient wies keine meßbare Aniseikonie auf. Hierfür fand sich keine Erklärung.

Tag der Promotion: 28.7.1981

Danksagung

Wesentliche Impulse erhielt diese Arbeit durch die freundliche Unterstützung zahlreicher Mitarbeiter der Universitäts-Augenklinik Münster.

Herrn Priv. Doz. Dr. E. Damaske danke ich für die Anregung zum Thema und die Beratung bei der Auswahl des Patientengutes. Insbesondere war mir die Bereitstellung des technischen Gerätes und die Beratung durch Herrn Priv. Doz. Dr. J. Reiner eine große Hilfe.

Die notwendigen Patienten und die Räumlichkeiten überließ mir der Direktor der Klinik, Herr Prof. Dr. H.-J. Küchle. Dafür gilt ihm mein Dank.

Untersuchungen zur Aniseikonie und zu binokularen Funktionen
bei einseitiger Aphakie mit dem Bioptrimeter nach REINER

Inhaltsverzeichnis

	Seite
0. Einleitung	1
1. Die unilaterale Aphakie und ihre Korrektion	
1.1 Die Veränderungen im aphaken Auge	2
1.2 Korrektionsmöglichkeiten	
1.2.1 Starbrille	3
1.2.2 Kontaktlinse	6
1.2.3 Umgekehrtes Holländisches Fernrohr	8
1.2.4 Intraokulare Linse	9
2. Die Aniseikonie	
2.1 Historischer Abriß	10
2.2 Aniseikonie und ihre Ursachen	10
2.2.1 Physiologische Aniseikonie	11
2.2.2 Anomale Aniseikonie	12
2.3 Symptome bei Aniseikonie	
2.3.1 Störungen im Binokularsehen	13
2.3.2 Auswirkungen auf das stereoskopische Sehen	16
2.3.3 Veränderungen der Raumwahrnehmung	18
2.3.4 Subjektive Beschwerden	19
2.4 Methoden der Aniseikoniemessung	19
2.4.1 Das Kippfeld von AMES	20

	<u>Seite</u>
2.4.2	Standard-Eikonometer nach AMES, GLIDDON und OGLE 20
2.4.3	Space-Eikonometer nach AMES u.a. 20
2.4.4	Phasendifferenz-Haploskop nach AULHORN 21
2.4.5	Andere Methoden 21
2.5	Behandlung von Aniseikonien 22
3.	Das Biophtometer nach REINER
3.1	Technische Konzeption 23
3.2	Verschiedene Testmöglichkeiten 26
3.3	Untersuchungsergebnisse augengesunder Patienten 30
4.	Das Untersuchungsprogramm bei einseitig aphaken Patienten
4.1	Problemstellung für die Untersuchungen 32
4.2.1	Prüfungen mit dem Biophtometer nach REINER 33
4.3	Andere Untersuchungen 34
4.4	Untersuchungsgang 34
5.	Eigenes Patientengut
5.1	Allgemeine Auswahlkriterien 36
5.2	Persönlichkeitsbezogene Merkmale
5.2.1	Altersverteilung 37
5.2.2	Geschlecht 38
5.2.3	Berufsbereiche 38
5.3	Krankheitsbezogene Merkmale
5.3.1	Art der Verletzung 38
5.3.2	Präoperativer Refraktionszustand des Auges 39

		<u>Seite</u>
5.3.3	Tragedauer und Tragezeit der Kontaktlinse einseitig Aphaker	40
5.3.4	Dauer des binokularen Sehverlustes	41
6.	Untersuchungsergebnisse und ihre Auswertung	
6.1	Binokular- und stereoskopisches Sehen	42
6.2	Aniseikonie	57
6.3	Aniseikonie-Beschwerden	61
6.4	Ausgewählte exemplarische Fälle	63
7.	Besprechung der Ergebnisse und Schlußfolgerungen	
7.1	Diskussion	68
7.2	Kritische Stellungnahme zu den eigenen Ergebnissen	73
7.3	Schlußfolgerungen	74
8.	Zusammenfassung	76
9.	Literatur	79
10.	Lebenslauf	89

Untersuchungen zur Aniseikonie und zu binokularen Funktionen bei einseitiger Aphakie mit dem Biophtometer nach Reiner.

0. Einleitung

Mit den Auswirkungen der einseitigen Aphakie auf den Patienten hat sich bereits eine Vielzahl von Publikationen beschäftigt. Dabei steht die wichtigste Problematik, der Verlust des Binokularsehens, im Vordergrund. In diesem Zusammenhang wurde erkannt, daß der Aniseikonie, der Form- bzw. Größenungleichheit der von beiden Augen erzeugten Netzhautbilder, eine entscheidende Rolle zukommt. Man unterscheidet physiologische und anomale Aniseikonie. Die anomale Aniseikonie wird unterteilt in die dioptrische und funktionelle Aniseikonie. Darauf wird im folgenden noch näher eingegangen. Selbst bei optimaler Korrektur des linsenlosen Auges kann eine Aniseikonie nie ganz vermieden werden. Die Toleranzgrenzen der Aniseikonie für eine Wiederherstellung des Binokularsehens werden in der Literatur sehr unterschiedlich angegeben. Sie schwanken zwischen 2% und mehr als 10%.

Zur eigenen Beurteilung der Diskrepanz dieser Ergebnisse wurden 1977 an der Universitäts-Augenklinik Münster 43 Patienten mit einseitig operierter Katarakt untersucht. Bei den Untersuchungen fand das Biophtometer nach REINER erstmals Anwendung in der klinischen Praxis. Die andersartige, später näher beschriebene technische Konzeption dieses Gerätes ließ seinen Einsatz interessant erscheinen.

Da dem Stellenwert der Aniseikonie bei der Wiedergewinnung des beid-
zügigen Sehens unterschiedliche Bedeutung zugemessen wird, sollte bei den Untersuchungen auch festgestellt werden, ob bei manifester Aniseikonie die subjektiven Beschwerden zu einer Beeinträchtigung im täglichen Leben führen. Die Korrektur der unilateralen Aphakie der von uns untersuchten Patienten erfolgte in allen Fällen mit Kontaktlinse; daher sind die Ergebnisse gleichzeitig als Beitrag zur Diskussion um die geeignete Sehhilfe bei einseitiger Aphakie zu betrachten.

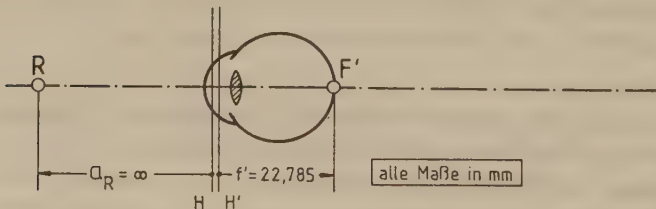
1. Die unilaterale Aphakie und ihre Korrektur

1.1 Die Veränderungen im aphaken Auge

Bei einer Kataraktoperation kommt es nach Entfernung der Linse zum Symptom der Aphakie. Folgende Merkmale kennzeichnen ein linsenloses Auge:

- a) Verlust der Akkommodation
- b) Irisschlottern (Iridodonesis)
- c) Schwarze Pupille
- d) Tiefe Vorderkammer
- e) Fehlen der Purkinje-Samsonischen Spiegelbildchen

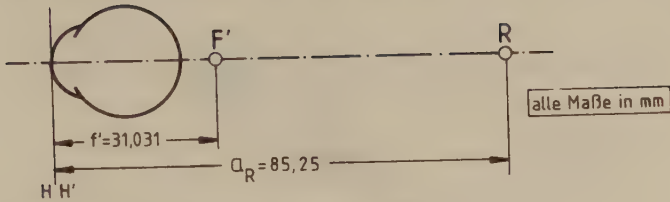
Ein emmetropisches Vollauge hat nach GULLSTRAND eine durchschnittliche Brechkraft D von 58,64 dpt. Der Anteil der Linse in Akkommodationsruhe beträgt 19,11 dpt., der des Hornhautsystems 43,05 dpt. Der Brennpunkt F' liegt im akkommodationslosen Zustand auf der Netzhaut, die hintere Brennweite f' beträgt 22,785 mm. (Abb. 1)



(Abb. 1 Emmetropisches Auge

R = Fernpunkt, A_r = axiale Refraktion, a_r = Fernpunktsabstand, H, H' = Hauptpunkte, F' = Brennpunkt, f' = hintere Brennweite, D = Brechkraft)

Nach Entfernung der Kristalllinse ist das Auge ametropisch, nämlich hyperop geworden. Die Brechkraft, nur noch durch die vordere Hornhautfläche bewirkt, hat den Betrag von 43,05 dpt. Dadurch rückt die hintere Brennweite f' mit 31,031 mm den Brennpunkt F' hinter die Netzhaut. (Abb. 2)



(Abb. 2 Aphakes Auge)

Die Ametropie erreicht den Wert von durchschnittlich 11,73 dpt. axialer Refraktion.

Bei den Angaben handelt es sich um statistische Mittelwerte. Die individuelle Refraktion schwankt in einem Bereich von ca. 8 - 15 dpt.

Durch die Aphakie sind die korrespondierenden Netzhautbilder unterschiedlich groß geworden. Ein Vergleich der Brechkräfte des emmetropischen Vollauges und des aphaken Auges zeigt ein um 36% größeres Netzhautbild des aphaken Auges.

Ein postoperativ auftretender Astigmatismus vermindert sich schnell innerhalb der ersten sechs Wochen und klingt nach drei Monaten fast völlig ab. Nach DUKE-ELDER (42) ist bereits sechs Wochen nach der Operation an eine Korrektur zu denken.

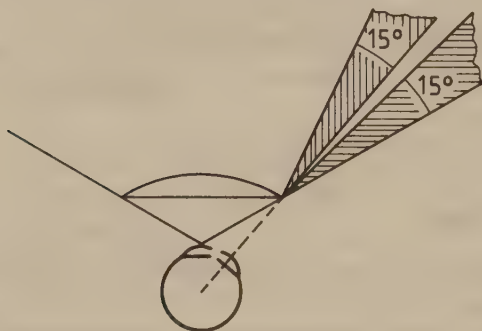
1.2 Korrektionsmöglichkeiten

1.2.1 Starbrille

Noch bis vor einigen Jahren wurde dem einseitig aphaken Patienten immer eine Starbrille verordnet. Dabei handelt es sich um ein etwa 12 dpt. starkes Plusglas, wobei die Refraktion auf Grund individueller Unterschiede und differenter Scheitelabstände schwankt. Die Starbrille hat einige gravierende Nachteile:

- a) Durch die starke prismatische Wirkung eines solchen Glases wird ein Randstrahl um ca. 26,4 pdpt. $\approx 15^\circ$ abgelenkt. Dieser Randstrahl fällt nicht ins Auge. Zwischen dem zentralen, korrigierten

Blickfeld und der unkorrigierten Peripherie liegt ein ringförmiges Skotom (WELSH) entsprechend der Größe des Brillenglases.



(Abb. 3 Ringskotom (WELSH))

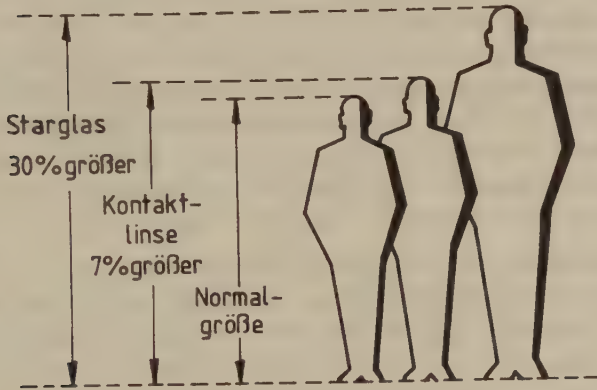
Ein ca. 15^0 breites Ringskotom entsteht bei Blickrichtung geradeaus. Bei Blickrichtung peripher bewegt sich das Ringskotom in die entgegengesetzte Richtung zum Ausgangspunkt. Bei Blickrichtung in Ausgangsposition wird ein Objekt im Ausschnitt B gesehen, bei Blickwendung in dessen Richtung verschwindet es. (Jack-in-the-box-Phänomen) (43).

Durch Kopfdrehung anstelle von Augenbewegung kann dieses Problem vermieden werden. Weiterhin bewirkt der prismatische Effekt, daß auch nicht so stark abgelenkte Randstrahlen die Fusionsbreite des Patienten überfordern und zu störenden Doppelbildern führen.

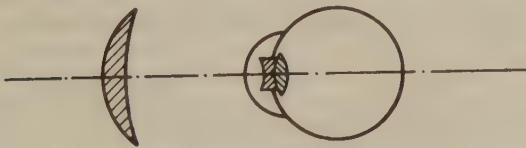
- b) Der Raum erscheint dem Brillenträger flacher und ausgedehnter. Gerade Linien sind verzogen mit Ausnahme eines kleinen axialen Anteils.
- c) Der Bildgrößenunterschied zum emmetropischen Auge ist noch sehr hoch, er beträgt 25 - 30%. (Abb. 4) Damit ist Binokularesehen ausgeschlossen. Dieser Effekt läßt sich nach REINER (98) anhand eines hypothetischen Modells erklären. Anstelle der fehlenden Linse wird diese durch eine gleichstarke Negativlinse neutralisiert. Zusammen mit dem Starglas bildet die Minuslinse ein "Holländisches Fernrohr". Die Vergrößerung ist von der Refraktion des Glases und dem Abstand zum objektseitigen Hauptpunkt des Auges abhängig:

$$\text{Vergrößerung } V = \frac{1}{1 - \delta D}$$

Dabei bedeutet δ den Abstand der Linse vom objektseitigen Hauptpunkt des Auges, D die Brechkraft des Brillenglases. (Abb. 5)



(Abb. 4 Vergleich der Netzhautbildgröße bei einseitiger Aphakie korrigiert mit Starbrille und Kontaktlinse (59))



(Abb. 5 Korrektur des hyperopen linsenlosen Auges mit Starglas) ("Holländisches Fernrohr")

1.2.2 Kontaktlinse

In der Therapie der einseitigen Aphakie hat sich die Kontaktlinse immer mehr durchgesetzt. Die bei Stargläsern beschriebenen Nachteile entfallen hier und ermöglichen ein beschwerdefreies Sehen im gesamten Blickfeld. Eine Schwierigkeit besteht jedoch in der Motivation des Patienten, der sich instinktiv gegen den Fremdkörper auf dem Auge sträubt. Es sind mittlerweile eine Vielzahl von Hart- und Weichlinsen erhältlich, wobei die Hartlinse den Vorteil der Beseitigung oder Reduzierung des Hornhautastigmatismus aufweist. Bei einer Weichlinse kann u.U. eine zusätzliche Korrektur des Astigmatismus notwendig werden. Wegen der fehlenden Akkommodation benötigt ein Kontaktlinsenträger eine zusätzliche Nahbrille.

Wie beim Starglas kann auch das System Auge-Kontaktglas als Holländisches Fernrohr betrachtet werden. Der geringe Abstand zum dingseitigen Hauptpunkt des Auges bewirkt nur noch eine Bildvergrößerung von 7 - 10%, (Abb. 6) die in vielen Fällen binokulares und stereoskopisches Sehen zuläßt. Die Refraktion des Kontaktglases muß gegenüber dem Starglas höher gewählt werden, da eine auf der Hornhaut schwimmende Pluslinse bei fehlendem Hornhautscheitelabstand eine höhere Pluswirkung erfordert. Als Kritik beschreibt PREISSNER (96) bei starken Pluslinsen ein Abrutschen aus Gewichtsgründen vom Hornhautscheitel nach unten. Die resultierende prismatische Wirkung mit Basis unten kann Werte annehmen, die eine Fusion verhindern.

Über das Binokularsehen bei einseitiger Aphakie korrigiert mit Kontaktlinse wird von vielen Autoren berichtet. (EHRICH und KOLBEGGER (45), SCHMITT und BORGGRÄFE (109), DANNHEIM et al. (36), LEURIDAN und NOORDENBOOS (79), HIRTENSTEIN und BLUM (68), RIEHM und THIEL (102), MAY und WOOLSCROFT (86), WIESINGER (120), GERHARD und BRONNER (50), MAURER (85), BUDDE und MACKENSEN (23)).

EHRICH und KOLBEGGER sowie RIEHM und THIEL weisen darauf hin, daß die Kontaktlinse möglichst kurz nach der Operation angepaßt werden soll. Dem tragen OLIVIER und SUNDMACHER (92) Rechnung, indem sie bereits unmittelbar post operationem eine Versorgung mit einer hochhy-

drophilen Kontaktlinse vornehmen. GERHARD und BRONNER (50) stellen nach weniger als acht Monaten Unterbrechung des beidäugigen Sehens bei 75% der Patienten Binokularsehen fest, nach längerer Zeit nur noch bis zu 30%. Die tägliche Tragedauer der Linse ist nach Ansicht von SCHMITT und BORGGRÄFE (109) ein weiterer Faktor, der sich auf das Binokularsehen auswirkt. Alle Patienten, die ihre Kontaktschale weniger als acht Stunden am Tag tragen, erreichen kein oder nur subnormales beidäugiges Sehen. Nach LEURIDAN und NOORDENBOS (79) kann auch schon ein wiederhergestelltes stereoskopisches Sehen bei ungenügender Tragedauer verloren gehen. KERSLEY et al. (75) verordnen daher schon ständig tragbare Permanentlinsen mit größtenteils gutem Erfolg. Als Nebenwirkungen beobachteten sie in wenigen Fällen Hornhautvaskularisation und -infektion.

Der Visus muß möglichst optimal korrigiert werden. Mehrere Autoren berichten über eindeutig bessere binokulare Sehleistungen bei Patienten, deren Sehschärfe 0,6 - 1,0 c.c beträgt, und damit deutlich über dem Visus von Personen ohne Binokularresultat liegt.

Der schon erwähnte Nahzusatz beim einseitig Aphaken wird leider häufig nicht mitverordnet. Dadurch fehlt die Konvergenzbewegung beim Nahsehen, was zu manifesten Exophorien führen kann. SCHMITT und BORGGRÄFE (109) betonen ausdrücklich die Wichtigkeit der Nahbrille. Überdies löst sich bei fehlender Akkommodation nach CORDS (30) der physiologische Zusammenhang mit der Konvergenz. Bei vielen Patienten werden Heterophorien und Strabismus, meist Exophorie beobachtet (MAURER) (85).

Der präoperative Refraktionszustand des Auges und das Alter des Patienten haben einen entscheidenden Einfluß auf die Verordnung der Kontaktlinse.

Während beim Emmetropen die schon erwähnte Bildvergrößerung auftritt, nimmt die Netzhautbildgröße bei steigender Myopie im Gegensatz zum normalsichtigen Auge immer mehr zu. Für den hochgradig Myopen ist von der optischen Seite her eine Starglaskorrektur vorzuziehen.

Umgekehrt wird bei wachsender Hyperopie das Netzhautbild kleiner und erlaubt dadurch nach Korrektur bei einseitiger Aphakie in den meisten Fällen ein beschwerdefreies Binokularsehen. Diese Patienten sind die Paradebeispiele einer Kontaktlinsenkorrektur der einseitigen Linsenlosigkeit.

Presbyope und vorpresbyope Patienten müssen darüber hinaus unterschiedlich beurteilt werden. Durch die noch intakte Akkommodation wird eine Bildverkleinerung von ca. 1% bewirkt; der Nahzusatz am anderen Auge vergrößert zusätzlich. Dagegen kann die System- und Eigenvergrößerung des Nah-Plusglases am presbyopen linsenhaltigen Auge einen Teil der Aniseikonie beseitigen.

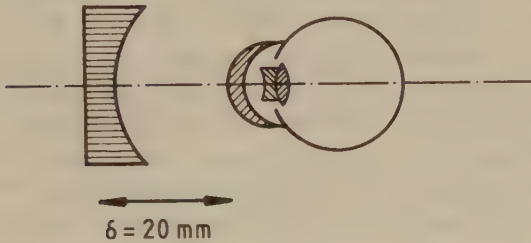
Die Beobachtungen von EHRICH und KOLBEGGER (45), RIEHM und THIEL (102), CRONE und LEURIDAN (35), GERHARD und BRONNER (50), SCHMITT und BORGGRAFE (109), daß das postoperative Binokularresultat bei Presbyopen in der Regel besser ist, läßt sich sicher zu einem großen Teil auf diese Tatsache zurückführen. Zum anderen kann eine schon physiologisch nicht mehr vorhandene Akkommodation keine zusätzlichen Belastungen, wie z.B. asymmetrische Konvergenz, mit sich bringen.

1.2.3 Umgekehrtes Holländisches Fernrohr

Den Nachteil der Kontaktlinse, die immer noch relativ starke Aniseikonie von ca. 7%, kann man durch ein anderes Prinzip verringern. Ein auf BOEDER (17) zurückgehendes Verfahren besagt, daß bei einem als Pluslinse wirkenden Auge, dem eine negative Linse vorgesetzt wird, nur noch eine Vergrößerung von 2,5 - 5% auftritt, da solche Kombinationen das Netzhautbild verkleinern (ENOCH, 47). Für die Praxis schlug ENOCH vor, die Kontaktlinse mit +3 dpt. überzukorrigieren und dann in einem Scheitelabstand von 20mm eine Konkavlinse von -3 dpt. zu verordnen. Ein Nahzusatz ist auch hier erforderlich, dem allerdings durch den prismatischen Effekt einer einseitig getragenen Linse Grenzen gesetzt sind.

GERNET (55) verwendet bei seiner "kombinierten Korrektur" vor dem linsenhaltigen Auge zusätzlich ein vergrößerndes Aniseikonglas, um die Bildgrößendifferenz noch zu verringern.

In diesem Zusammenhang ist interessant, daß die Haftschalengkorrektur bei einem präoperativ hyperopen Patienten bereits eine kombinierte Korrektur darstellt. Das aphake Auge wird durch die Kontaktlinse überkorrigiert, am anderen Auge wirkt der Nahzusatz durch seine Vergrößerung wie ein Aniseikonieglas. (Abb. 6)



(Abb. 6 "Umgekehrtes Holländisches Fernrohr")

1.2.4 Intraokulare Linse

Seit der Hinterkammerlinse von RIDLEY und anderen Techniken von STRAMPELLI, BINKHORST und WORST kommt von der optischen Seite her die intraokulare Linse dem Ideal, einer auf Null reduzierten Aniseikonie, praktisch am nächsten. Alle Patienten, die nicht in der Lage sind, mit einer Kontaktlinse umzugehen, Personen, die aus beruflichen Gründen Haftschalen nicht tragen können, sind damit korrigierbar. JAFFE (74) empfiehlt die Implantation unter anderem bei über 70-jährigen Patienten, traumatischer Katarakt im frühen Kindesalter und unter besonderen Indikationen auch bei Personen unter 50 Jahren. Allerdings wird bei einer Verschiebung der Linse die Refraktion des Auges verändert. Da die Akkommodation fehlt, kann auch in diesem Fall auf eine zusätzliche Nahkorrektur nicht verzichtet werden. Ohnehin wird bei bestehendem Restastigmatismus in vielen Fällen eine Brillenkorrektur notwendig sein.

Der postoperative Astigmatismus wird durch die intraokulare Linse nicht ausgeglichen.

2. Die Aniseikonie

2.1 Historischer Abriß

Der Begriff der Aniseikonie wurde 1932 von LANCASTER in die Ophthalmologie eingeführt. In Form oder Größe ungleiche kortikale Bilder der beiden Augen können zu erheblichen Störungen des Sehaktes führen. Diese Tatsache, seit DONDERS (1864) bekannt, führte zunächst zu keinen therapeutischen Erfolgen. Die erste umfassende theoretische Darstellung mit weiterführenden klinischen Untersuchungen im großen Rahmen nahmen AMES und Mitarbeiter im Dartmouth Eye Institute (1932-1945) vor. Im deutschen Sprachraum haben sich besonders HERZAU, SCHUBERT, BRECHER, NOTEBOOM und in neuerer Zeit GERNET mit der Aniseikonie beschäftigt. Nach der Entwicklung der theoretischen Grundlagen verlor man etwas das Interesse an dieser Thematik, auch wird von vielen Klinikern die praktische Relevanz bestritten.

In der Literatur gehen die Meinungen darüber, in welcher Höhe Bildgrößenunterschiede toleriert werden können, weit auseinander. Nach BERGER und MONJE (13) können nach Gewöhnung Unterschiede in der Netzhautbildgröße bis zu 17% fusioniert werden. Im Gegensatz dazu stehen Untersuchungen von OGLE, BANNON und BURIAN (91), die von 5 - 6% und weniger sprechen. CRONE und LEURIDAN (35) machen dafür die ungenauen Ergebnisse auf Grund verschiedener Verfahren zur Messung der sensorischen Fusion in der Netzhautperipherie verantwortlich.

Auch die Tatsache, daß die Aniseikonie nur subjektiv zu bestimmen ist, trägt zu Unsicherheiten bei ihrer Ermittlung bei. In den letzten Jahren wurde von GERNET (53, 54) eine Methode zur objektiven Messung der dioptrischen Aniseikonie durch Ultraschall entwickelt; die Gesamtaniseikonie läßt sich damit jedoch nicht ermitteln.

2.2 Aniseikonie und ihre Ursachen

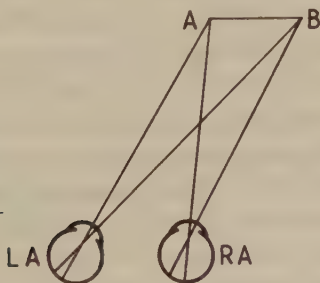
Mehrere Autoren haben eine Differenzierung des Aniseikoniebegriffes vorgenommen. Dabei sind im deutschen Schrifttum die Arbeiten von SCHUBERT und SACHSENWEGER (106), in England DUKE-ELDER (42)

und in Amerika LANCASTER (76, 77) zu erwähnen. AMOS (14) gliedert die Aniseikonie als eine der Ursachen der funktionellen Amblyopie als "aniseikonische funktionelle Amblyopie" in diesen Zusammenhang mit ein.

2.2.1 Physiologische Aniseikonie

Diese Aniseikonieform tritt auf durch

- a) verschiedene Bildgrößen bei asymmetrischer Konvergenz (Abb. 7) und
- b) die ungleiche Verteilung der retinalen Sinneszellen auf der nasal und temporalen Seite der Netzhaut.



(Abb. 7 Unterschiedliche Bildgröße bei asymmetrischer Konvergenz. Das Objekt AB ist dem rechten näher als dem linken Auge. Die Abbildung erscheint dem rechten Auge daher größer. (77))

zu a)

Diese Aniseikonie macht sich nicht störend für den Patienten bemerkbar. DESAGULIERS (38) und WHEATSTONE (119) wiesen darauf hin, daß die beiden Bilder zu einem einfachen Bild mittlerer Größe verschmelzen, wobei das Bild im objekt-näheren Auge sich zu verkleinern, das des objekt-ferneren Auges sich zu vergrößern scheint (HERZAU-OGLEsches Phänomen).

zu b)

Auf der nasal Netzhauthälfte sind die Stäbchen und Zapfen weiter voneinander entfernt, als auf der temporalen Hälfte. Dadurch besteht

nach CARRERAS -DURAN (26) eine Aniseikonie sowohl innerhalb eines Auges als auch zwischen den korrespondierenden Netzhautarealen beider Augen. Diese Tatsache findet im HERING-HILLEBRANDT Horopter ihren Ausdruck.

2.2.2 Anomale Aniseikonie

Diese Bezeichnung wird von AMES und DUKE-ELDER verwendet, während SACHSENWEGER (106) hier von "Aniseikonie durch unphysiologische Asymmetrie im Bulbusaufbau beider Augen" spricht.

Die dioptrische oder optische Aniseikonie (DUKE-ELDER) bezeichnet Inkongruenzen der optischen Systeme beider Augen, vorzugsweise Anisometropie. GILLOT (58) fand, daß in den meisten Fällen Aniseikonie und Anisometropie verbunden sind. CARLETON und MADIGAN (25) stellten bei 69%, MACNIE (84) von 1087 Patienten bei 50% einen Zusammenhang fest. ROSE und LEVINSON (103) sowie GERNET (57) betonten jedoch, daß keine signifikante Korrelation festzustellen ist. Zur überschlagsmäßigen Messung werden von BIRGE (15), BERG (11), OGLE (91), BROWN und ENOCH (21), LINKSZ (80) und DAVIS (37) pro Dioptrie Anisometropie 1 - 2% Aniseikonie angegeben, nach neueren Messungen von GERNET (57) ist der Betrag jedoch geringer.

Bei Korrektur der Anisometropie entsteht oder verbleibt meist eine Brillenaniseikonie (SACHSENWEGER), die sich jedoch nicht genau vorher bestimmen läßt.

Funktionelle Aniseikonien, von AMES (1) erstmalig beschrieben, beruhen auf ungleicher Verteilungsdichte der retinalen Sinneszellen sowie möglicherweise Störungen der Nervenleitung und simultanen Verarbeitung des binokularen Bildes. Eine Trennung von der dioptrischen Aniseikonie ist jedoch nicht möglich, so daß es sich bei einer gemessenen Aniseikonie auch immer um eine Systemametropie handeln kann. AULHORN (6) berichtet über Fälle, bei denen sich für die Aniseikonie ohne Veränderung der dioptrischen Verhältnisse bei mehreren Messungen verschiedene Werte ergaben. GERNET (53) weist darauf hin, daß es bei hohen Anisometropien nur eine dioptrische Aniseikonie gibt; überdies ist ein eigenständiges Krankheitsbild der funktionellen Aniseikonie nicht existent.

Von AMES (1), DUKE-ELDER (42) und SACHSENWEGER (106) wurden die Aniseikonien nach der Art der Bildgrößenveränderungen gegliedert. Sie unterscheiden:

- a) Symmetrische Differenzen mit gleichmäßiger Größenveränderung in beiden Meridianen oder isolierte Veränderungen in nur einem Meridian, wobei auch schräge Bilder resultieren.
- b) Asymmetrische Differenzen, beruhend auf progressiven Anstieg der Bildgröße in peripherer Richtung in einem Meridian. Die gleiche Veränderung gibt es auch in allen vier Richtungen, darüber hinaus unregelmäßige Veränderungen und Kombinationen vorgenannter Aniseikonietyphen. (Abb. 8)

2.3 Symptome bei Aniseikonie

2.3.1 Störungen im Binokularsehen

Wird jeder Anteil eines mit den Augen aufgenommenen Bildes auf Netzhautstellen gleicher Lagebeziehung zur Fovea (korrespondierende Netzhautstellen) abgebildet, resultiert binokulares Einfachsehen. Dieser Vorgang ist das Ergebnis der Fusion, einer unwillkürlichen Größe. Die Fusion besteht aus

- einem motorischen Anteil. Er bewirkt die reflektorischen Augenbewegungen zur Verhinderung von Doppelbildern.
- einem sensorischen Geschehen. Die auf Netzhautstellen abgebildeten Seheindrücke werden in der Sehrinde zu einem einzigen Bild verschmolzen.

Die sensorische Fusion erlaubt es darüber hinaus, in einem bestimmten Rahmen auch mit nicht deckungsgleichen Netzhautstellen (disparate Netzhautstellen) einfach zu sehen. Diese Tatsache wurde zuerst von PANUM entdeckt, die betreffenden retinalen Bereiche als PANUM-Areale bezeichnet.

Im Zusammenhang mit Aniseikonie berichten CRONE und LEURIDAN (33, 34) über Messungen der PANUM-Areale. Die horizontale Ausdehnung ist

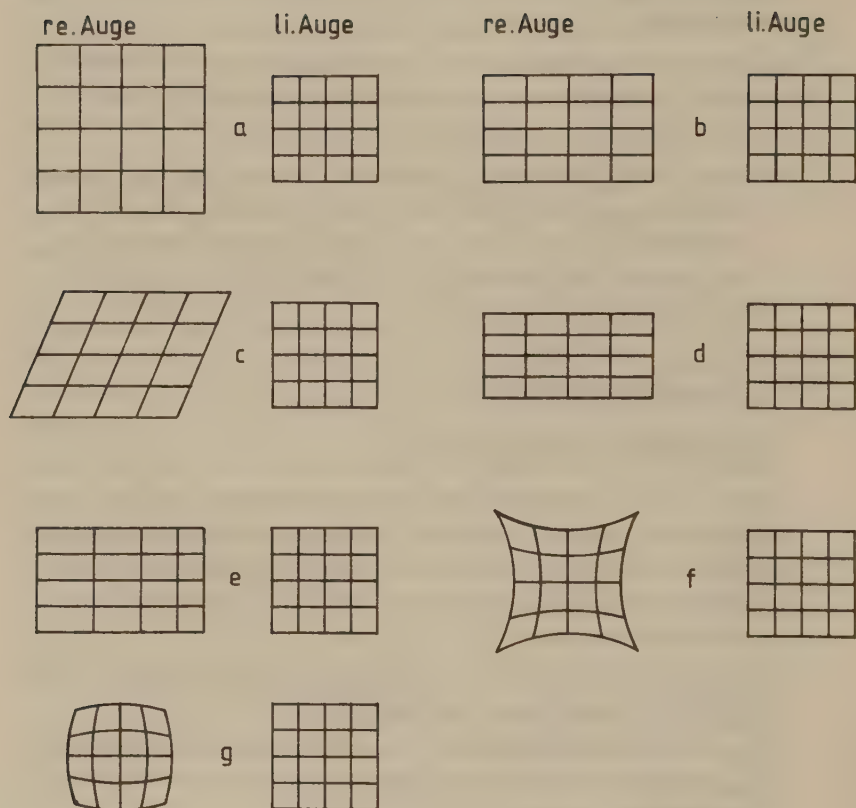


Abb. 8 Aniseikonieformen

a. Aniseikonia in allen Meridianen, b. Aniseikonia im horizontalen Meridian, c. Aniseikonia im schrägen Meridian, d. Vergrößerung im horizontalen und Verkleinerung im vertikalen Meridian, e. asymmetrische Vergrößerung im horizontalen Meridian, f. asymmetrische Vergrößerung in allen schiefen Meridianen, g. asymmetrische Verkleinerung in allen schiefen Meridianen. (42, 106)

größer als die vertikale, allerdings schwanken die horizontalen Grenzen sehr stark.

Unmittelbar damit in Zusammenhang steht der Begriff der Fusionsbreite, der besagt, wie disparat Netzhautstellen liegen können, um binokulares Einfachsehen zu erreichen. Die Untersuchungen von CRONE und LEURIDAN (35) ergaben hier, daß die Fusionsbreite vom Zentrum zur Peripherie hin stark zunimmt. Die geringe Latenz der vertikalen Schwelle macht sie zum limitierenden Faktor für die Existenz von Binokularsehen. Die Messung der Fusionsbreite bestimmt gleichzeitig die Toleranzschwelle für Bildgrößenunterschiede, für Aniseikonie. Die Literatur berichtet über sehr unterschiedliche Werte, die sich zwischen 1,5% und über 10% bewegen. Wie schon OGLE (91) kritisierte, wurde auf die Aniseikonieprüfung in der Peripherie, wo die Fusionsbreite größer ist, zu wenig eingegangen. Dies bestätigen CRONE und LEURIDAN (33, 34) und ermitteln als Toleranzgrenzwert 7%, ergänzt durch eine Messung der Zyklofusion, welche ebenfalls auf ca. 7% maximale Differenzmöglichkeit, entsprechend 3,5⁰ Verrollung, hinweist.

Die Fusionsbreite ist für Störungen sehr anfällig und individuell ausgeprägt. BRECHER (19), BERGER und MONJE (13), BERGER (12) berichten über latente Heterophorien, die auch bei emmetropen Patienten immer wieder auftreten. Das erklärt die Fälle, bei denen schon eine geringfügige Aniseikonie von 1,5% Binokularsehen verhindert, andererseits aber auch mehr als 10% Bildgrößenunterschied toleriert werden.

Bei der einseitigen Aphakie, wo auch nach optimaler Korrektur immer noch eine mehrprozentige Restaniseikonie verbleibt, ist die Erhaltung der Fusionsbreite von besonderem Interesse. Zwar existieren meist keine Angaben über die Fusionsbreite vor Beginn der Katarakt, doch wurde das Vorhandensein einer minimalen Fusionsbreite von CRONE und LEURIDAN (35) für die Erhaltung des Binokularsehens unterstrichen.

Längere Unterbrechung des Binokularsehens fördert die Abweichung des betroffenen Auges in Divergenz oder Zyklodivergen. DANNHEIM und Mitarbeiter (36) stellen die Zyklodeviation als einen der entscheidenden Faktoren heraus, der die Wiedererlangung des beidäugigen Ein-

fachsehens verhindert kann. Eine Schielabweichung führt bei Kindern zur sensorischen Anpassung in Form einer anomalen Netzhaut-Korrespondenz, Amblyopie oder Exclusion. Bei Erwachsenen tritt meist Exclusion mit "horror fusionis" auf oder es verbleiben Doppelbilder, die zum Verzicht auf die Sehhilfe führen, da bekanntlich ein unscharfes Bild weniger störend das beidäugige Sehen beeinflusst.

Bei unkorrigierten einseitig Aphaken, die nicht schielen, beschreibt GERNET einen Vorgang, den er als binokulare Konfusion bezeichnet und der mit beidäugigem Sehen unvereinbar ist. Dabei klagen die Patienten über unscharfe Bilder (geringer Visus), störendes Bild des aphaken Auges, Störungen der Tiefenschätzung und Doppelbilder (ohne Schielen).

Aniseikonie ist einer der entscheidenden Punkte, die Binokularsehen verhindern können. Viele Autoren haben das beidäugige Sehen bei einseitiger Aphakie, korrigiert mit Kontaktlinse, geprüft und sind dabei zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen für die Wiedererlangung der Stereopsis gekommen (RIEHM und THIEL (102): 30%, BLUM (16): 86%, GERHARD und BRONNER (50): 58%, GYÖRFFY (60): 50%, BUDDE und MACKENSEN (23): 6%, SPAETH und O'NEILL (113): 72%, HIRTENSTEIN (69): 88%, LEURIDAN und NOORDENBOOS (79): 15%). Aniseikonie als Ursache für das Nichterreichen von Binokularsehen wird dabei von den meisten der genannten Verfasser für wichtig gehalten. LEURIDAN und NOORDENBOOS (79) ermittelten zwar Aniseikonie, konnten aber keinen statistischen Zusammenhang zum Grad des Binokularsehens feststellen.

2.3.2 Auswirkungen auf das stereoskopische Sehen

Über das Binokularsehen hinaus stellt das stereoskopische Sehen die höchste Leistung des Sehorgans dar.

Alle Punkte, die außerhalb des Horopterkreises liegen, werden - mit Ausnahme der Panum-Areale - in gekreuzten oder gleichseitigen Doppelbildern wahrgenommen. Der Ausdruck "Querdisparation" bezeichnet den Abstand der Punkte voneinander auf der Netzhaut des fiktiven Mittelauges. Die Doppelbilder werden, ohne direkt bemerkt zu werden,

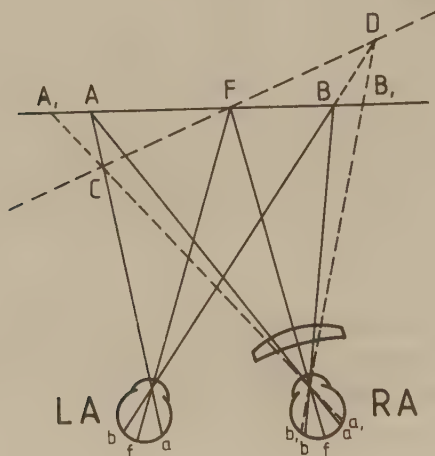
zur Wahrnehmung des Tiefeneindrucks verwendet. Je größer die Querdisparation, desto stärker ist auch der Tiefeneindruck. Damit hängt der Tiefeneindruck auch vom Augenabstand und der Objektentfernung ab, wobei großer Augenabstand und kleine Objektentfernung die Stereoskopie verbessern.

Ebenso wie das Binokularsehen muß die Aniseikonie erst recht das Tiefensehen beeinflussen. Hier gilt das bereits für das beidäugige Sehen Dargestellte. Aus vielen Untersuchungen geht hervor, daß komfortables Binokularsehen, also eine dem Emmetropen vergleichbare Sehleistung bei einseitig Aphaken, nicht wieder erreicht werden kann. Dabei spielt die in diesen Fällen vorhandene Aniseikonie eine Rolle.

Andererseits beschreibt SACHSENWEGER (106) das Tiefensehen als einen auf die Netzhautmitte bezogenen Prozeß, wo sich Aniseikonien nicht so stark auswirken. Ein abschließendes Urteil über die Rolle der Bildgrößendifferenz bei diesem Thema ist zur Zeit sicher noch nicht möglich.

2.3.3 Veränderungen der Raumwahrnehmung

Schon bei geringen Bildgrößendifferenzen beobachtet man Veränderungen der subjektiven Raumwahrnehmung. (Abb. 9)



(Abb. 9 Veränderungen der Raumwahrnehmung bei Vorsetzen einer einseitig vergrößernden Linse)

Setzt man experimentell eine vergrößernde Linse vor das rechte Auge eines Probanden, werden die Punkte A und B, die im Normalauge auf korrespondierenden Netzhautstellen a und b abgebildet werden, im rechten Auge in A' und B' gesehen und auf a' und b' abgebildet. (f = Brennpunkt) Nur in C können die Netzhautpunkte a im linken und a' im rechten Auge stimuliert werden, in D adäquat die Punkte b und b'. Die Fixierpunktebene scheint um den Fixierpunkt F gedreht zu sein. OGLE gibt eine Formel an, mit der der Winkel, um den eine frontoparallele Ebene gedreht erscheint, errechnet werden kann:

$$\Psi = \frac{(m-1) b}{(m+1) a}$$

wobei m die Vergrößerung, b den Abstand vom Fixierpunkt und a die halbe Interpupillardistanz angibt.

Von OGLE (Zit. n. 42) wurden scheinbare Raumänderungen auch in der Vertikalebene und von BOUDRY in der dritten Dimension beschrieben. Unter speziellen Anforderungen, wie z.B. beim Autofahren oder Fliegen, treten diese Mängel in der Beurteilung von Entfernungen auf, vergleichbar einer latenten Heterophorie, die bei Fusionsverlust manifest wird (DUKE-ELDER, 42). Durch Erfahrung und monokulare Beurteilungskriterien von Raumeindrücken lassen sich jedoch viele Mängel ausgleichen.

2.3.4 Subjektive Beschwerden

DUKE-ELDER (42) und SACHSENWEGER (106) vergleichen die Beschwerden bei Aniseikonie mit denen der Asthenopie. Verschwommenes Sehen, Fixationsschwierigkeiten, Brennen und Drücken der Augen, leichte Ermüdbarkeit bei konzentrierter Arbeit, Kopfschmerz und Photophobie sind Symptome, die von vielen Autoren wie HUGHES (71), BERENS (10) u.a. zu Beginn der Aniseikonieforschung beschrieben wurden. Sogar zentralnervöse Störungen, wie Magenbeschwerden, Nausea und Verdauungsstörungen können die Folge sein.

Diese Beschwerden bestehen auch bei anderen Augenerkrankungen und allgemeiner Überanstrengung der Augen. Daher müssen andere Ursachen zunächst ausgeschlossen werden. Viele Patienten haben keinerlei Symptome. Das läßt, wie SACHSENWEGER (106) betont, auf eine starke psychische Komponente bei der Behandlung schließen.

2.4 Methoden der Aniseikoniemessung

BRECHER (19), DUKE-ELDER (42) und SACHSENWEGER (106) haben eine umfassende Darstellung aller bisher auf dem Gebiet der Messung von Netzhautbildgrößendifferenzen entwickelten Geräte vorgenommen. In diesem Rahmen sollen nur die wichtigsten davon kurz erwähnt werden. Man unterscheidet zwei Methoden der Aniseikonieprüfung:

- a) Registrierung von Störungen der Raumwahrnehmung, die mit Aniseikoniegläsern ausgeglichen und dadurch gemessen werden.

- b) Vergleich von Strecken oder Figuren, die vom Probanden in der Größe egalisiert werden können, oder Differenzmessung.

2.4.1 Das Kippfeld von AMES

Das Prinzip beruht auf der bereits beschriebenen subjektiven Verdrehung des Horopters bei Aniseikonie. Eine frontoparallele Platte, die binokular gesehen wird, befindet sich in einem nur monokular sichtbaren Rahmen, der parallel dazu angeordnet ist. Bei Aniseikonie wird die Platte schräg eingestellt, wobei 4° Plattendrehung 1% Aniseikonie entspricht. Nachteilig wirkt sich bei dieser Apparatur aus, daß diese Platteneinstellung auch bei Aniseikonie im vertikalen Meridian vorgenommen wird. Dadurch ist eine genaue Differenzierung nicht möglich, so daß lediglich qualitative oder Übersichtsmessungen vorgenommen werden können.

2.4.2 Standard-Eikonometer nach AMES, GLIDDON und OGLE

Beruhend auf dem HERING'schen Spiegelhaploskop wird jedem Auge durch Spiegel ein Halbbild angeboten, welches dann fusioniert wird. Außer einem die zentrale Fusion anregenden Fixationskreuz werden 4° peripher in allen 4 Hauptrichtungen polarisierte Pfeile und Zahlen dargestellt. Dabei sind Zahl und Pfeil jeder Richtung eines Haploskop-arms entgegengesetzt zum anderen Arm polarisiert. Nach Ausgleich von Heterophorien mit den Haploskopspiegeln stehen bei Iseikonie die Pfeilspitzen genau gegenüber, ansonsten sind sie je nach Art der Bildgrößendifferenz verschoben. Aniseikonien bis zu 0,25% herab können so bestimmt werden. Als Kritik wurde von BRECHER (19) zu diesem Gerät angeführt, daß durch parafoveale Fixation in 4° peripher ständig wechselnde Heterophorien auftreten, die zum Tanzen und Gleiten der Pfeilspitzen führen.

2.4.3 Space-Eikonometer nach AMES u.a.

Zur Ermittlung anomaler Raumeindrücke auf Grund binokularer Sehvorgänge wurde dieser Apparat entwickelt. Vor und hinter zwei diagonal

im rechten Winkel zueinander angeordneten Fäden, die ein Testkreuz bilden, sind vier Lote in vertikaler Richtung an Fäden befestigt. Ein fünftes vertikales Lot führt durch die Kreuzmitte. Vor einem schwarzen Hintergrund wird diese Einrichtung dem Betrachter durch Polarisationshaploskopie auf einem Bildschirm angeboten. Aus den Veränderungen des Kreuzes und der Lote in ihrer Raumlage kann auf die jeweilige Art der Aniseikonie geschlossen werden, die dann mit entsprechenden iseikonisierenden Vorsatzlinsen ausgeglichen und quantifiziert wird. Die Meßgenauigkeit schwankt nach DUKE-ELDER (42) je nach Meridian zwischen 0,05 und 1%.

2.4.4 Phasendifferenz-Haploskop nach AULHORN

Anstelle der durch Polarisation oder Spiegel und Prismen vorgenommenen Entwicklung eines binokularen Raumbildes aus monokular angebotenen Eindrücken entwickelte AULHORN (5, 6) folgendes Verfahren: Zwei Sektorenscheiben rotieren vor den Bildaustrittsöffnungen zweier Projektoren mit gleicher Umdrehungsfrequenz. Läßt man die Scheiben um 180° versetzt rotieren, erscheint immer ein Bild, wenn das andere verdeckt ist; so wird der haploskopische Effekt erreicht. Der Vorteil gegenüber polarisiertem Licht besteht in der geringen Anfälligkeit des entstehenden Bildes gegen Kopfbewegungen des Patienten, die zu Veränderungen der Bildhelligkeit und des Polarisationsgrades führen können. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, daß der Patient mit einer vorgesetzten Zoom-Linse seine Aniseikonie selbst ausgleichen kann.

2.4.5 Andere Methoden

Das Halbfeld-Eikonometrie von BRECHER beruht auf dem Prinzip des Vergleiches von Strecken. Jeweils zwei paarige Pfeilspitzen müssen auf die subjektiv gleiche Größe eingestellt werden. Bei Betrachtung durch eine Rot-Grün-Brille läßt sich aus dem Streckenvergleich die Aniseikonie bestimmen. Im horizontalen Meridian besteht allerdings eine Tendenz zur Fusion der gegenüberliegenden Pfeilspitzen (BRECHER, 19).

Das MADDUX-Eikonometer verwendet zwei zusätzliche Lichtpunkte, die in 5° Abstand vom mittleren Licht auf dem MADDUX-Kreuz angebracht werden. Durch Kreuzdrehung können sie in allen Ebenen betrachtet werden. In einem Auge werden diese Zusatzpunkte durch eine vorge-setzte Scheibe in rote Leuchtstriche verändert. Die Bildmitte ist zur Fusion noch sichtbar. Bei Iseikonie müssen die Leuchtstriche durch die zwei äußeren Lichtpunkte verlaufen. Ist dies nicht der Fall, kann durch Aniseikoniegläser korrigiert werden.

Hauptsächlich zur Aniseikoniemessung bei unilateraler Aphakie entwickelte RUBEN (104) Testdias, die dem Aufbau des Space-Eikonometers nach AMES nachempfunden sind. Werden die Bilder durch ein Synoptophor betrachtet, dessen Arme auseinanderbewegt werden, bricht zu einem bestimmten Zeitpunkt die Fusion zusammen, es tritt Diplopie auf. Bestimmte Teile der Figur lösen sich aus dem Bild, z.B. bei einer Aniseikonie von 0,5% die vertikalen Linien auf der Seite des Auges mit dem größeren Bild.

2.5 Behandlung von Aniseikonien

Zum Ausgleich der Bildgrößendifferenz wurden spezielle iseikonisierende Gläser entwickelt. Sie zeichnen sich durch größere Dicke und stärkere Krümmung als Normalgläser aus. Nach den von HUGHES angegebenen Werten für Dicke und Innenkrümmung sind aus technischen und kosmetischen Gründen Vergrößerungen von über 5% nicht sinnvoll. Ein Aniseikonieglas 1,05 ist bis zu 10 mm dick. Dadurch schließt sich eine Verwendung für hochgradige Aniseikonien wie bei einseitiger Aphakie aus. In den vierziger Jahren wurden im Dartmouth Eye Institute Behandlungsserien im großen Stil mit Aniseikoniegläsern durchgeführt; man kam jedoch aus den o.a. Gründen wieder davon ab.

Das Prinzip der sogenannten Aniseikoniegläser entspricht dem des Holländischen Fernrohrs, d.h. eine als Objektiv wirkende Sammellinse und eine als Okular dienende Zerstreuungslinse werden durch ein Medium, hier Glas, optisch verbunden. Die Zerstreuungslinse formt den Strahlengang der Sammellinse zu einem parallelstrahligen Bündel um, das ein virtuelles aufrechtes Bild unter einem größeren

Winkel als beim brillenlosen Auge erscheinen läßt. Zusätzlich zu dieser Systemvergrößerung haben solche Gläser genau wie starke Pluslinsen eine Eigenvergrößerung

$$V = \frac{1}{1 - \frac{d}{n} D_{11}}$$

wobei d die Dicke des Glases in Metern, n den Brechungsindex und D_{11} den Brechwert der Glasvorderfläche darstellt.

BANNON, BURIAN, BERENS, HICKS (67), LANCASTER, CARLETON und MADIGAN (25) berichteten über Erfolge bei der Aniseikonieglas-Therapie in Höhe von 50 - 65% der Patienten. Das ist sehr bemerkenswert, da, wie HARTINGER (63) als Kritik anführt, nur in einem kleinen zentralen Blickbereich die absolut gleiche Netzhautbildgröße mit dem anderen Auge hergestellt werden kann. DUKE-ELDER (42) stellt dann auch heraus, daß der psychologische Effekt einer apparativ so aufwendigen, sorgfältigen Behandlung nicht zu vernachlässigen ist.

Bei stärkeren Bildgrößenunterschieden greift man wie schon beschrieben, auf Starbrillen, Kontaktlinsen und andere Sehhilfen zurück. Die Aniseikonie läßt sich aber nicht ganz beseitigen, sondern sinkt, wie bei der intraokularen Linse und in einigen Fällen der "kombinierten Korrektur" von GERNET auf Werte bis zu 1% ab. Welchen Einfluß diese Korrekturen auf das Sehergebnis des Patienten haben, ist, nicht immer nur abhängig von den optischen Gegebenheiten, großen individuellen Schwankungen unterworfen. Das beweisen die sehr unterschiedlichen Erfolgsquoten, die von verschiedenen Autoren angegeben werden (HIRTENSTEIN (68, 69), CONSTANTINE und MCLEAN (29), GERHARD und BRONNER (50), RIDLEY (101), MAY und WOOLSCROFT (86), RIEHM und THIEL (102), SCHMITT und BORGGRAFE (109)).

3. Das Bioptrimeter nach REINER

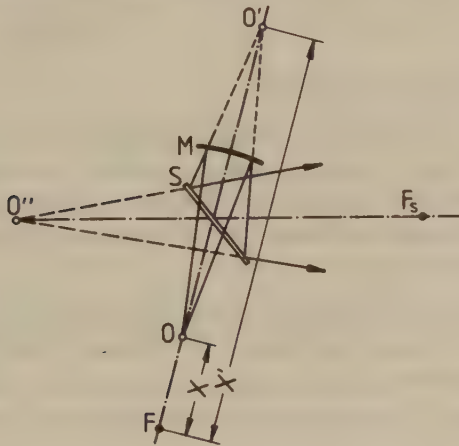
3.1 Technische Konzeption

Ein teildurchlässiger Hohlspiegel bildet gemeinsam mit einem teildurchlässigen Planspiegel ein optisches System, welches erlaubt,



(Abb. 10 Das Biometer nach REINER)

verschiebbare Testobjekte, die sich innerhalb der einfachen Brennweite des Hohlspiegels befinden, im freien Raum liegend zu betrachten. Die austauschbaren Objekte sind vor dem Optometerspiegel angeordnet. Wegen der Lage des Planspiegels werden die Testobjekte gleichzeitig mit den übrigen Raumgegebenheiten betrachtet, die die Durchblicköffnung des Gerätes sichtbar macht. Das ist bei Prüfung des Binokularsehens ein großer Vorteil, weil natürliche Sehbedingungen hergestellt werden.



(Abb. 11 Strahlengang im Biometer bei Abbildung eines Testobjektes innerhalb der einfachen Brennweite (99))

O wird vom Hohlspiegel M in O' abgebildet. Die von M reflektierten Strahlen werden vom Planspiegel S scheinbar über O' auf den vom Planspiegel abgebildeten Brennpunkt F_s , wo sich das Betrachterauge befindet, projiziert. Da O verschiebbar ist, kann es bis zum Brennpunkt F des Hohlspiegels verändert werden (dargestellt als Bildweite x , x') und erscheint als O'' im Unendlichen. Bei kürzester Annäherung von O an S liegt M in 0,35 m Abstand. Der anwendbare Prüfbereich erstreckt sich also von 0,35 m bis unendlich (∞). Das Betrachterauge liegt in der Brennebene von M , daher entstehen die virtuellen Bilder alle unter dem gleichen Winkel, wodurch die

Größe der Testobjekte für den Betrachter konstant bleibt. (Abb. 11)

Das Optometer ist als Tischgerät konzipiert. Die Entfernung der Testobjekte, gesehen im freien Raum, kann an einer auf der rechten Apparatseite angebrachten Skala eingestellt und abgelesen werden. Ein Helligkeitsregler gestattet eine konstante Beleuchtungsstärke zur Erzielung gleichbleibender Testbedingungen. Die Anordnung des Gerätes auf gebogenen Schienen ermöglicht eine Kopfneigung des Patienten, so daß es den Gegebenheiten beim natürlichen Nahsehen entspricht.

3.2 Verschiedene Testmöglichkeiten

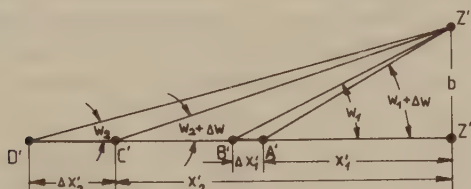
Zur Prüfung des stereoskopischen Sehens verwendet das Biophtometer Testobjekte, die echt räumlich dargeboten werden. Diese Methode kann wegen des großen Platzbedarfes bei bisher bekannten Verfahren (z.B. Stereo-Eidometer nach MONJE) nur für eine kurze Prüferntfernung verwendet werden.

Bei den schon erwähnten haploskopischen Testgeräten akkommodiert das Auge auf ein dargebotenes Objekt. Da jedoch einzelne Bildteile in verschiedenen Entfernungen erscheinen, ergeben sich unterschiedliche Konvergenzeinstellungen; ein unnatürlicher Sehakt ist die Folge.

Im Biophtometer ist bei stereoskopischen Untersuchungen für jede Prüferntfernung das richtige Akkommodations-Konvergenzverhältnis gegeben.

Beim 3-Stäbchen-Test nach HERING werden drei senkrecht angeordnete Balken, von denen sich die beiden äußeren gegenüber dem mittleren in gegenläufiger Richtung verschieben lassen, miteinander verglichen. Alle drei Stäbchen müssen bei positivem Untersuchungsergebnis möglichst in einer Reihe, parallel zur Frontalebene, angeordnet werden. Der Einstellfehler wird an einer Skala abgelesen. Ein Koinzidenztest, bei dem zwei verschiebbare Stäbchen genau übereinander platziert werden müssen, vervollständigt das stereoskopische Testprogramm.

Der Einstellfehler für die stereoskopischen Prüfungen ist von der Entfernung unabhängig. REINER (99) beweist dies mathematisch wie folgt:



(Abb. 12 Änderung des Tiefenunterscheidungsvermögens in Abhängigkeit von der Entfernung (99))

Das Augenpaar $Z'Z''$ kann im Sehabstand x'_1 zwei Punkte A' und B' noch als hintereinander liegend erkennen. B' erscheint unter dem Winkel w_1 , A' unter $w_1 + w$. Δw gibt die Breitenwahrnehmung an. In einem Abstand x'_2 werden die Punkte C' und D' nur in einem größeren Abstand voneinander tiefengetrennt erkannt. (Abb. 12) Es gilt:

$$\Delta x' = \frac{x'_2 \cdot \Delta w}{b \cdot \varrho''}$$

wobei x den Sehabstand, b den Augenabstand und ϱ'' den Umrechnungsfaktor für Bogen- und Winkelsekunden angibt.

Allgemein gilt für eine Objektverschiebung in einem Hohlspiegelsystem:

$$\Delta x = \frac{f^2 \Delta x'}{x'^2}$$

f bedeutet die Brennweite des Hohlspiegels, x' gibt den Abstand vom Brennpunkt des Hohlspiegels an.

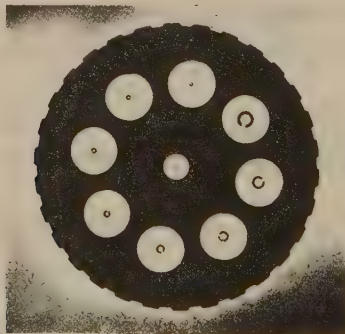
Wird x' aus der ersten Formel in die zweite eingesetzt, ergibt sich für die Objektverschiebung im vorliegenden Fall:

$$\Delta x = \frac{b}{f^2} \frac{\varrho''}{\Delta w}$$

Bei einem Probanden mit der gleichen Breitenwahrnehmung Δw wird also immer die gleiche Verschiebung Δx wirksam, so daß die Verschiebung der Stäbchen zueinander, die Objektverschiebung, bei bekanntem Augenabstand b die Breitenwahrnehmung Δw anzeigt. Δx ist von der Einstellentfernung unabhängig.

Für stereoskopische Testverfahren ergeben sich mit Hilfe der Polarisation weitere Möglichkeiten. Die erforderlichen Analysatoren sind im Spiegeloptometer fest eingebaut. Ein polarisierter Zahlentest erlaubt die Quantifizierung des Stereosehens. Die in mehreren Zeilen angeordneten Zahlen messen das Tiefensehen zwischen 0 und 540 Winkelsekunden.

Die Visusbestimmung ist mit Testscheiben möglich. LANDOLD-Ringe, die eine der jeweiligen Sehschärfe entsprechende Größe haben, sind in verschiedenen Feldern drehbar angeordnet. Die Öffnungen können dabei in jede beliebige Richtung eingestellt werden. (Abb. 13)



(Abb. 13 Testscheibe mit LANDOLD-Ringen)

Über einschiebbare Dias lassen sich auch andere Optotypen - immer in einer Prüferentfernung zwischen 0,35 m und Unendlich - verwenden. Unter Zuhilfenahme eines Probierrahmens ist so die Refraktionsbestimmung möglich.

Diapositive mit Rot-Grün-Proben und WORTH-Vierpunkte-Test erweitern das Testprogramm um die Prüfung auf simultanes Binokularsehen. Dazu ist die Verwendung einer Rot-Grün-Brille notwendig. Besonderer Wert wurde auf die Möglichkeit zur Ermittlung der Aniseikonie gelegt. Dabei gibt es zwei Verfahren:

- a) Die abgebildete Testfigur wird polarisiert binokular dargeboten. Der Punkt in der Mitte dient zum Anreiz der zentralen Fusion.

Bei Aniseikonie erscheint die eine Hälfte des Rechteckes größer als die andere. Die Frage nach der Form des gezeigten Bildes wird als Antwort je nach Stärke und Ausprägung der Aniseikonie Veränderungen in den verschiedenen Meridianen der Testfigur zeigen. Damit ist eine Prüfung auf die Qualität der Aniseikonie möglich.



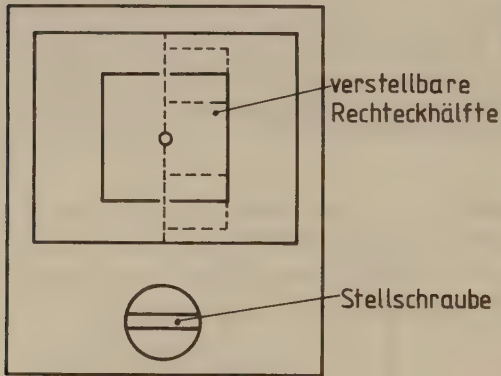
(Abb. 14 Testfigur zur qualitativen Aniseikoniebestimmung)

Ist eine Rechteckhälfte größengleich in eine der Hauptrichtungen verschoben, oder ist der Abstand der Hälften größer als im Normalfall, ist dies der Hinweis auf eine vorhandene Stellungsanomalie. (Abb. 14)

- b) Zur quantitativen Bestimmung der Aniseikonie wurde die vorliegende Testfigur in ihrem Anwendungsbereich erweitert. Über eine Stellschraube an der Testeinheit läßt sich eine Hälfte des binokular sichtbaren Rechteckes in Vertikalrichtung verstellen. Dabei verändert sich dessen Fläche in ihrer Größe gegenüber der anderen Hälfte. Der Proband wird aufgefordert, über die Stellschraube die subjektive Einstellung eines größengleichen Rechteckes vorzu-

nehmen. Nach Entfernen der Testfigur aus dem Gerät kann die Größendiskrepanz der beiden Hälften metrisch verglichen und prozentual umgerechnet werden. (Abb. 15)

Ist die Aufgabe nicht lösbar, muß entweder eine Phorie oder eine der unregelmäßigen Aniseikonien angenommen werden. Diese Testeinheit wurde bei den nachfolgenden Untersuchungen erstmalig angewandt.



(Abb. 15 Testfigur zur quantitativen Aniseikoniebestimmung)

3.3 Untersuchungsergebnisse augengesunder Patienten

Zur Ermittlung von reproduzierbaren Vergleichswerten und zum Gewinn von Erfahrungen im Umgang mit dem Biotometer wurden vor unseren Untersuchungen einseitig aphaker Patienten junge augengesunde Probanden (Durchschnittsalter 26,4 Jahre) am Biotometer getestet.

LAUDERT (78) untersuchte im Rahmen seiner Dissertation 27 augengesunde Personen im Alter zwischen 18 und 39 Jahren. Unter diesen gab es 9 Brillen- und Kontaktlinsenträger, die zum Test voll auskorrigiert waren. Über diese Ergebnisse soll hier nicht berichtet werden. Es finden nur Problematiken, die auch für die nachfolgende Aphakenuntersuchung von Interesse sind, Berücksichtigung.

Bei der Auswertung der Visusergebnisse ergaben sich für den Nahvisus in 0,35 m Entfernung stets höhere Werte als für Entfernungen von 5 m und Unendlich. Das steht im Widerspruch zu Ergebnissen von SCHÖBER (111), der den Maximalvisus in größerer Entfernung fand. Dafür hat SCHÖBER (111) folgende Erklärung:

Wie bereits bei der Beschreibung des Biometers erwähnt wurde, erscheinen alle Bilder unter dem gleichen Winkel, wenn sich das Betrachterauge in der Brennebene des Hohlspiegels befindet. Es zeigte sich nun, daß diese Brennebene im vorliegenden Fall ca. 0,2 m hinter der Durchblicköffnung des Gerätes liegt, der Beobachter sich also innerhalb der einfachen Brennweite des Hohlspiegels befindet. Näher liegende Bilder erscheinen unter einem größeren Winkel und führen so zu einem scheinbar besseren Visus. Eine Bestimmung des Beobachterabstandes ist bei exakten Sehschärfemessungen unbedingt notwendig.

Diese Gesetzmäßigkeiten gelten auch bei der Prüfung mit dem 3-Stäbchen-Test nach HERING. Zur Sicherung der Ergebnisse wurde jede Einstellung zehnmal wiederholt. Die Streuung der Ergebnisse im Nahbereich ist dabei wesentlich geringer als in größeren Entfernungen; eine Folge des größeren Betrachtungswinkels.

Bei der Einstellung "Unendlich" konnten zunächst scheinbare "Einbrüche" in der stereoskopischen Sehleistung festgestellt werden. Beim Verschieben der beweglichen Stäbchen gelangt immer ein Balken über mathematisch "Unendlich" hinaus in einen virtuellen Bereich, der abbildungsmäßig hinter dem Betrachterauge liegt. Dieses Stäbchen muß daher unscharf gesehen werden und erklärt so die unerwarteten Ergebnisse.

Die Einstellgenauigkeit beim Koinzidenztest war wesentlich höher als beim 3-Stäbchen-Test. Viele Patienten mit schlechteren Werten beim 3-Stäbchen-Test erreichten ein gutes Koinzidenz-Prüfungsergebnis. Qualitativ hochwertiges stereoskopisches Sehen kann damit ebensowenig geprüft werden wie mit den polarisierten Stereotests, die ein Mißverhältnis zwischen Akkommodation und Konvergenz bewirken. Die polarisierten Objekte erscheinen in verschiedenen Ebenen. Es müssen sich also mehrere Konvergenzeinstellungen er-

geben, wodurch der natürliche Zusammenhang mit der Akkommodation gestört wird. Nach ADLER beträgt das gute stereoskopische Sehvermögen 14 - 60 Bogensekunden. Da dieser Wert nicht erreicht werden kann, kommt den polarisierten Stereotests nur grob orientierender Charakter zu.

Wie schon von HUGHES (71, 72), BURIAN und GILLOT (58) berichtet, fanden auch wir im vorliegenden Test bei 50% der augengesunden Probanden eine meßbare Aniseikonie bis zu 5,6%, die jedoch das binokulare und stereoskopische Sehen - bis auf einen Fall - nicht beeinträchtigte. Die durchschnittliche Aniseikonie betrug 3,9%. Die Messung im Nahbereich (0,35 m) erbrachte keine verwertbaren Ergebnisse. Möglicherweise ist der Sehwinkel schon zu groß, um einen sicheren Größenvergleich der Rechteckhälften erzielen zu können.

4. Das Untersuchungsprogramm bei einseitig aphaken Patienten

4.1 Problemstellung für die Untersuchungen

In der Bemühung um die Wiederherstellung des binokularen und stereoskopischen Sehens bei einseitig linsenlosen Patienten kommt neben der Fusionsbreite und der Ausdehnung der PANUM-Areale der Aniseikonie eine besondere Bedeutung zu. Dabei werden, wie erwähnt, für die Toleranzschwelle der Aniseikonie, d.h. ab welcher Disparation größen-differente Netzhautbilder nicht mehr fusioniert werden können, sehr unterschiedliche Werte in der Literatur angegeben. In diesem Zusammenhang soll geklärt werden,

- a) wie hoch die gesamte resultierende Aniseikonie bei Korrektur mit Kontaktlinse und zusätzlicher Nahsehhilfe ist,
- b) ob die Aniseikonie für den Patienten auf seinen normalen Tageslauf einen störenden Einfluß ausübt,
- c) wie die binokularen und stereoskopischen Sehfunktionen der mit Kontaktlinse korrigierten einseitig aphaken Patienten sind.

Für den Behandlungserfolg bei solchen Personen werden folgende Faktoren als fördernd angesehen:

Zeitpunkt der Kontaktlinsenkorrektur, Dauer des Verlustes des Binokularsehens, Sehschärfe des aphaken Auges, Alter des Patienten, Tragezeit und -dauer der Kontaktlinse, traumatische oder nicht traumatische Katarakt (SCHMITT und BORGGRAFE (109), RIEHM und THIEL (102), GERHARD und BRONNER (50), EHRICH und KOLBEGGER (45), CRONE und LEURIDAN (35)).

Es soll untersucht werden,

- d) ob von einem oder mehreren dieser Faktoren ein Einfluß ausgeht,
- e) ob die angebotenen technischen Möglichkeiten verwertbare Ergebnisse für die untersuchte Patientengruppe mit sich bringen.

4.2 Prüfungen mit dem Bioptrimeter nach REINER

Vorteile des Gerätes:

- Arbeit unter für Akkommodation und Konvergenz physiologischen Bedingungen,
- Wahl der einstellbaren Prüferentfernung stufenlos zwischen 0,35 m und Unendlich,
- Einbeziehung der übrigen räumlichen Gegebenheiten in das Blickfeld mit dem Testobjekt,
- Vergleichbarkeit der Ergebnisse für alle Entfernungen auf Grund der optischen und mechanischen Konstruktion.

Der Verzicht auf andere oft sehr aufwendige Untersuchungen zu diesem Thema läßt sich durch die ausführlichen Ergebnisse der neueren Literatur begründen, auf die jedoch aus Vergleichsgründen zurückgegriffen werden soll.

Im Einzelnen umfaßt das Testprogramm folgende Untersuchungen:

- a) Visusprüfung für jedes Auge in 0,35 m, 5 m und Unendlich
- b) WORTH-Vierpunkte-Test mit Rot-Grün-Brille in 1m, 5 m

- c) 3-Stäbchen-Test nach HERING in 0,35 m, 5 m und Unendlich
- d) Koinzidenztest in 0,35 m, 5 m und Unendlich
- e) Pola-Stereotest mit Dreieck in 0,35 m, 5 m und Unendlich
- f) Pola-Stereotest mit Zahlen in 0,35 m, 5 m und Unendlich
- g) Aniseikonie-Test mit qualitativer Prüfung in 0,35 m, 5 m und Unendlich
- h) Aniseikonie-Test mit quantitativer Beurteilung in 0,35 m, 5 m und Unendlich.

4.3 Andere Untersuchungen

Der in der Literatur beschriebene Unterschied im Behandlungserfolg bei Patienten mit traumatischer und nicht traumatischer Katarakt gab Veranlassung dazu, zusätzliche Messungen mit dem LITTMANN-Ophthalmometer durchzuführen.

Die Visusprüfung in 5 m mit Optotypentafel wurde als Vergleichsuntersuchung zum Biophtometer herangezogen. Dieser Grund bewog auch zur Aufnahme des ITTMUS-Stereotests (WIRTH-Test) in das Untersuchungsprogramm. Der das relativ grobe stereoskopische Sehen messende Test läßt sich im Hinblick auf den Meßbereich (bis 800'') gut mit dem Pola-Stereotest mit Zahlen des Biophtometers vergleichen.

4.4 Untersuchungsgang

Bei allen Patienten wurde Wert darauf gelegt, daß sie ihre Kontaktlinse bereits mehrere Stunden vor der Untersuchung getragen hatten, um Verfälschungen der Ergebnisse durch Augentränen und -brennen zu vermeiden. Der verordnete Nahzusatz war mitzubringen und mußte zu den entsprechenden Untersuchungen getragen werden.

Der Standpunkt des Spiegeloptometers im Untersuchungszimmer vor einem Fenster gestattete einen Ausblick in den freien Raum auch in größere Entfernungen.

Die am Beleuchtungsstärkenregler eingestellten Werte blieben für

die jeweiligen Untersuchungen konstant. Da nur bei Tageslicht gemessen wurde, erschienen die Testobjekte immer im gleichen Helligkeitsbereich.

Die Einstellung des Neigungswinkels der Durchblicköffnung wurde bei jedem Patienten neu vorgenommen, um die physiologische Kopfnäigung beim Nahsehen zu gewährleisten.

Die einführende Erklärung der Untersuchungen und die Fragen nach den subjektiven Beschwerden beim Tragen der Haftschiene sollten zunächst die Distanz zwischen Patienten und Untersucher abbauen. Auch mußten gelegentlich Bedenken zerstreut werden, das Ergebnis könne dem Vertrauensarzt mitgeteilt werden und hätte dadurch Einfluß auf neue Rentenbeurteilung.

Die Sehschärfenprüfung am Biometer wurde zweimal für jedes Auge in den Meßentfernungen von 0,35 m, 5 m und Unendlich durchgeführt. Die Visusprüfung mit den LANDOLD-Ringen begann einmal mit dem kleinsten Ring absteigend bis zum Endvisus, zum anderen umgekehrt mit dem größten Ring in aufsteigender Richtung. Die Drehbarkeit der Ringe ergab zusätzliche Möglichkeiten. Das jeweils nicht geprüfte Auge konnte mit einer eingebauten Dunkelblende abgedeckt werden.

Beim WORTH-Test mit Rot-Grün-Brille wurde der Patient aufgefordert, sein Ergebnis in einer Skizze festzuhalten.

Um zufällige oder bewußt falsche Einstellungen zu erkennen, ließ der Untersucher den 3-Stäbchen-Test und den Koinzidenztest in jeder Prüferentfernung zehnmal wiederholen. Unsichtbar für den Patienten wurde die Ausgangsstellung der Stäbchen variiert. Mittelwert und Standardabweichung konnten berechnet werden.

Eine Zeichnung von der beobachteten Aniseikonie-Testfigur ließ die mögliche pathologische Abweichung erkennen. Bei der verstellbaren Testeinheit wurde mit einer Meßlupe die Größendifferenz der Rechteckhälften gemessen und prozentual in Relation gesetzt.

Den Abschluß der Untersuchung bildete die Sehschärfenbestimmung in

5 m mit der Optotypentafel, der TITMUS-Stereotest und - nach Entfernen der Kontaktlinse - die Astigmatismusprüfung am LITTMANN-Ophthalmometer. (Radienmessung in zwei Hauptebenen)

5. Eigenes Patientengut

5.1 Allgemeine Auswahlkriterien

Alle untersuchten Personen sind Patienten der Universitäts-Augenklinik Münster. Sie unterzogen sich dort zwischen 1970 und 1976 einer unilateralen Kataraktoperation. Die Anpassung einer harten oder weichen Haftschaale erfolgte teilweise im Hause, teils bei niedergelassenen Ophthalmologen. Ebenso wird bei der Nachkontrolle verfahren, die jedoch überwiegend am Wohnort des Patienten bei einem Arzt seiner Wahl stattfindet.

Die Kontaktlinse sollte regelmäßig, d.h., wie EHRICH und KOLBEGGER (45) meinen, mehr als vier Stunden am Tag getragen werden. Die Anpassung der Kontaktlinse lag mindestens einige Monate zurück. GERHARD (51) berichtete über Verbesserungen des Binokularsehens in den ersten Monaten nach Verordnung.

Unter Berücksichtigung dieser Gesichtspunkte konnten 57 Patienten zur Untersuchung ausgewählt werden.

10 Personen erschienen trotz mehrmaliger Aufforderung nicht zur Nachkontrolle. Zwei der Patienten mit einseitiger Aphakie waren unbekannt verzogen, die übrigen 8 werden möglicherweise anderweitig augenärztlich versorgt oder tragen, wie GYÖRFFY und TOTH (60) häufig beobachteten, ihre Kontaktlinsen nicht mehr. Sie verzichteten auf die Haftschaale, weil sie sich durch das Tragen behindert fühlen oder mit der Sehkraft des gesunden Auges auskommen.

Von den 47 erschienenen Patienten gaben 2 dann doch an, die Kontaktlinse wegen Tragebeschwerden nicht mehr zu benutzen. Sie wurden von der Untersuchung ausgeschlossen.

Ein mittlerweile beidseitig aphaker Patient und ein weiterer mit beginnender Symptomatik am anderen Auge schieden ebenfalls noch aus dem Testprogramm aus.

So verblieben 43 Patienten, mit denen der erwähnte Untersuchungsablauf durchgeführt wurde. (Tab. 1)

Tabelle 1: 57 Patienten mit Aphakie und Kontaktlinse

	Anzahl der Patienten
Einbestellt	57
Nicht erschienen	10
Schwierigkeiten beim Tragen	2
Beginnende Katarakt am anderen Auge	1
Beidseitig aphak	1
Untersucht	43

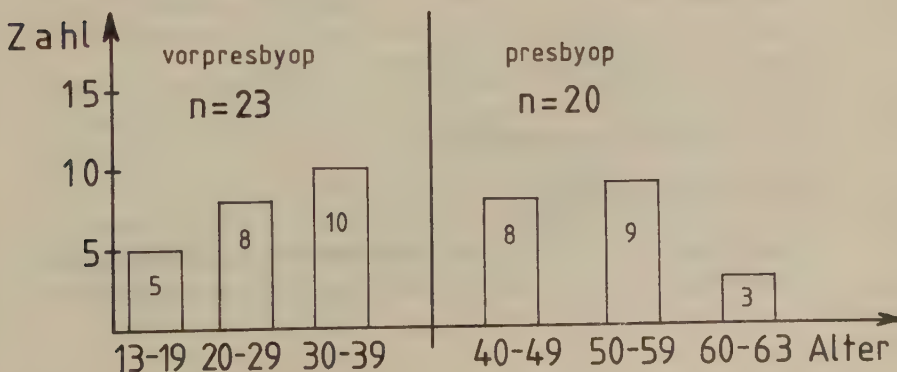
5.2 Persönlichkeitsbezogene Merkmale

5.2.1 Altersverteilung

Die untersuchten Personen befanden sich im Alter zwischen 13 und 66 Jahren.

23 Patienten waren im vorpresbyopen, 20 im presbyopen Alter. (Tab. 2)

Tabelle 2: Altersverteilung



Das Durchschnittsalter betrug 39,1 Jahre.

5.2.2 Geschlecht

Die Gruppe der untersuchten Personen setzte sich aus 18 Frauen und 25 Männern zusammen.

5.2.3 Berufsbereiche

Tabelle 3: Berufe der Patienten

	<u>Anzahl der Patienten</u>
Arbeiter	14
Angestellte	11
Hausfrauen	6
Schüler und Studenten	6
Beamte in körperlicher Tätigkeit	2
Beamte in geistiger Tätigkeit	1
Akademiker	2
Rentner	<u>1</u>
Gesamt	43

22 Personen arbeiteten in Berufen mit überwiegend körperlicher Tätigkeit, 21 üben eine mehr geistige Beschäftigung aus.

Nach GYÖRFFY und TOTH (60) wirken sich auch Intelligenz und Schulbildung auf das Sehen aus. Eine höhere Schulbildung fördert das Bedürfnis zur Wiedererlangung des Binokularsehens.

5.3 Krankheitsbezogene Merkmale

5.3.1 Art der Verletzung

Unsere Patienten, die sich einer einseitigen Kataraktoperation unterziehen mußten, wurden in zwei Gruppen unterteilt. Zur ersten Gruppe

gehörten die Fälle mit posttraumatischer Aphakie, zur zweiten die mit Aphakie aus anderer Ursache, vorzugsweise nach Operation einer präsenilen oder senilen Katarakt. (Tab. 4)

Tabelle 4: Art der Verletzung

	<u>Anzahl der Patienten</u>
Traumatische Katarakt	24
Katarakt aus anderer Ursache	<u>19</u>
Gesamt	43

SCHMITT und BORGGRÄFE (109), BONNET et al. (18), RUBEN (104) berichten von besseren Binokularresultaten bei nicht traumatischer Katarakt. Das schlechtere Endresultat nach Operation einer traumatischen Katarakt ist bedingt durch Hornhautnarben, Linsenreste und Glaskörpertrübungen.

5.3.2 Präoperativer Refraktionszustand des Auges

Tabelle 5: Präoperativer Refraktionszustand

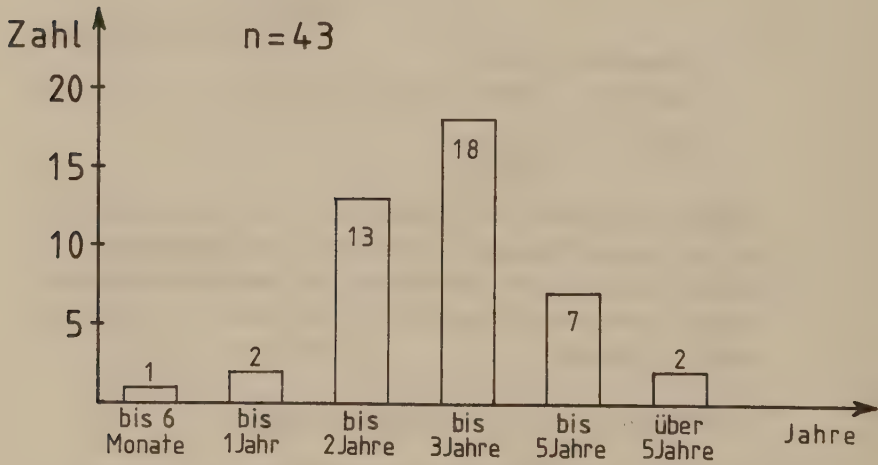
		ametrop/presbyop			davon anisometrop
	emmetrop/presbyop	myop	hyperop		
Vorpresbyope Patienten	15	7	1		3
Presbyope Patienten	11	9	-		3

Bei 6 Patienten konnte eine Anisometropie festgestellt werden. Sie lag zwischen 0,5 und 2,5 dpt. Glasdifferenz. Eine Dioptrie Refraktionsdifferenz soll 1 - 2% Aniseikonie ausmachen; nach GERNET ist der Betrag jedoch wesentlich geringer. Zunehmende Myopie erschwert wegen der höheren Aniseikonie gegenüber Emmetropen die Wiederherstellung des beidäugigen Sehens.

5.3.3 Tragedauer und Tragezeit der Kontaktlinse einseitig Aphaker

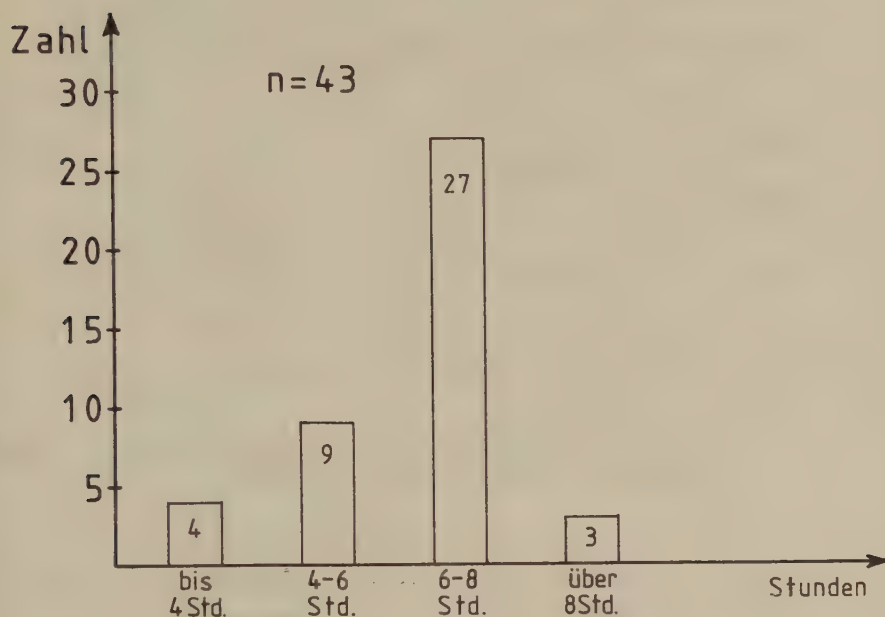
Die Kontaktlinse wurde ausschließlich einseitig getragen. Bei 26 Personen war das rechte, bei 17 das linke Auge aphak.

Tabelle 6: Tragedauer der Kontaktlinse



Fast die Hälfte der Patienten trug die Haftschale zwischen 2 und 3 Jahren. (Tab. 6)

Tabelle 7: Tägliche Tragezeit der Kontaktlinse



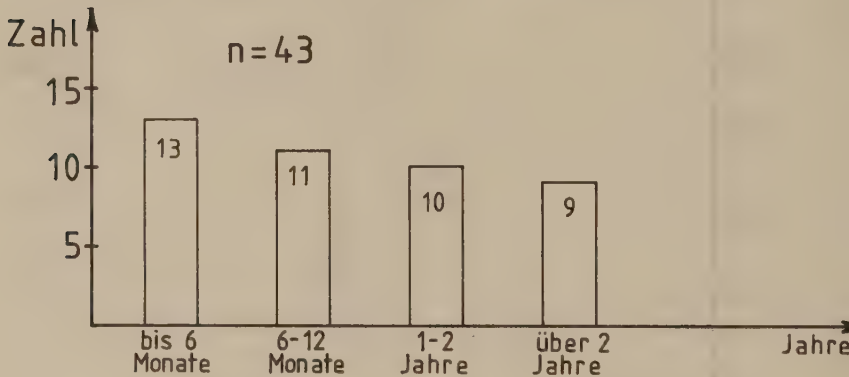
Bezeichnet man eine tägliche Tragezeit von 6 und mehr Stunden als regelmäßig, trifft dieses Merkmal für ca. 70% der untersuchten Personen zu. (Tab. 7)

5.3.4 Dauer des binokularen Sehverlustes

LEURIDAN und NOORDENBOS (79), PREUSSNER (96), RIDLEY (101), RUBEN (104), GERHARD und BRONNER (50) weisen auf die Wichtigkeit des Zeitraumes zwischen Verlust und Wiederherstellung des beidäugigen Sehens hin, der möglichst kurz sein muß, um annähernd normales Binokularsehen zurückzugewinnen. Der Beginn soll nach FOLEY (49) nicht durch den Operationstermin, sondern den Zeitpunkt des Sehverlustes bestimmt werden.

Bei nicht traumatischer Katarakt treten bereits durch die progrediente Sehverschlechterung Probleme für das betroffene Auge auf, die auf das postoperative Binokularresultat einen Einfluß haben können.

Tabelle 8: Intervall der Unterbrechung des beidäugigen Sehens



Innerhalb des von o.a. Autoren angestrebten optimalen Zeitlimits der Unterbrechung des Binokularsehens bis zu 6 Monaten konnte nur ein knappes Drittel der Patienten mit einer Kontaktlinse versorgt werden. (Tab. 8)

6. Untersuchungsergebnisse und ihre Auswertung

6.1 Binokular- und stereoskopisches Sehen

Von den 43 Patienten mit einseitiger Aphakie erreichten 32 Personen, das sind 74%, Binokularsehen. 11 Patienten haben ihr beidäugiges Sehvermögen verloren.

Auf Grund der verschiedenen, insgesamt 6 Tests umfassenden Prüfungen des binokularen und stereoskopischen Sehvermögens, läßt sich nach den Ergebnissen eine Differenzierung der Patienten in mehrere Gruppen vornehmen.

1. Die erste Gruppe, die über annähernd normales Binokular- und stereoskopisches Sehen verfügt, mußte folgende Kriterien erfüllen:
 - a) WORTH-Vierpunkte-Test in beiden Entfernungen positiv
 - b) 3-Stäbchen-Test nach HERING in allen Entfernungen positiv mit geringem Einstellfehler
 - c) Koinzidenztest in allen Entfernungen positiv mit geringem Einstellfehler
 - d) Pola-Stereotest mit Dreieck in allen Entfernungen positiv
 - e) Pola-Stereotest mit Zahlen in allen Entfernungen positiv mit Zahlen oberhalb "5" (0 - 60'')
 - f) TITMUS-Stereotest: Fliege, Tiere A - C und Ringe 1 - 3 positiv (40 - 60'')
2. Subnormales Stereosehen erreichte die zweite Gruppe bei folgenden Anforderungen:
 - a) WORTH-Vierpunkte-Test in beiden Entfernungen positiv
 - b) 3-Stäbchen-Test nach HERING in allen Entfernungen positiv mit größerem Einstellfehler
 - c) Koinzidenztest in allen Entfernungen positiv mit größerem Einstellfehler
 - d) Pola-Stereotest mit Dreieck in allen Entfernungen positiv
 - e) Pola-Stereotest mit Zahlen in allen Entfernungen positiv für Zahlen bis "5" (60 - 180'')
 - f) TITMUS-Stereotest: Fliege, Tiere A - C positiv (80 - 140'')
3. Die Zugehörigkeit zur dritten Gruppe mit stark eingeschränktem beidäugigen Sehen erforderte:
 - a) WORTH-Vierpunkte-Test in beiden Entfernungen positiv
 - b) 3-Stäbchen-Test nach HERING in mindestens einer Entfernung positiv mit größerem Einstellfehler
 - c) Koinzidenztest in mindestens einer Entfernung positiv mit größerem Einstellfehler
 - d) Pola-Stereotest mit Dreieck in mindestens einer Entfernung positiv
 - e) Pola-Stereotest mit Zahlen in mindestens einer Entfernung positiv

f) TITMUS-Stereotest: Fliege positiv (200 - 800'')

4. Bei Patienten, die den WORTH-Vierpunkte-Test noch positiv zu erkennen vermochten sowie mindestens eine der übrigen Prüfungen ganz oder teilweise bestanden, wurde eine Zugehörigkeit zur vierten Gruppe und damit im Ansatz nachweisbares Binokularsehen, aber kein oder nur sehr geringfügiges stereoskopisches Sehen angenommen.

Aus Gründen der graphischen Darstellbarkeit der Ergebnisse konnte für jeden Test eine Maximalpunktzahl, abgestuft nach dem binokularen und stereoskopischen Sehvermögen, erreicht werden. Diese Höchstpunktzahl beträgt 29 Punkte.

Anhand der Verteilung auf die verschiedenen Gruppen und der dabei erreichten Punkte ergibt sich für die untersuchten Patienten folgendes Bild: (Tab. 9)

Tabelle 9: Verteilung der Patienten auf die einzelnen Gruppen entsprechend ihrem Binokular- und Stereosehen

	<u>Anzahl der Patienten</u>	<u>Anzahl der Punkte</u>
Binokularsehen Gruppe 1	6	24 - 26
Binokularsehen Gruppe 2	10	19 - 22
Binokularsehen Gruppe 3	7	11 - 16
Binokularsehen Gruppe 4	9	2 - 10
Ohne Binokularsehen	11	

Die Höchstpunktzahl konnte von keiner Versuchsperson erzielt werden. Trotzdem bietet das Ergebnis der 6 Patienten in Gruppe 1 ein erfreuliches Bild, da fast alle Anforderungen erfüllt wurden und die Leistungen nur wenig unter denen Normalsichtiger lagen. Insgesamt kann allerdings von einem voll befriedigenden Binokularsehen nur in knapp der Hälfte der Fälle gesprochen werden.

Der WORTH-Vierpunkte-Test mit Rot-Grün-Brille ist eine Methode zur

grob orientierenden Prüfung des binokularen Simultansehens. Dabei können Patienten, die doppelt sehen oder excludieren, bestimmt werden. Entsprechend den Auswahlkriterien für die einzelnen Gruppen, zeigten 32 Patienten in 5 m und 1 m ein normales Ergebnis. 7 Personen excludierten, in 4 Fällen bestand Doppeltsehen in 5 m und 1 m. Die Beobachtung von EHRICH und KOLBEGGER (45), daß bei Verringerung der Untersuchungsentfernung "Exclusionsneigung bzw. Doppeltsehen mehr und mehr abnehmen", konnte bestätigt werden. Bei stufenloser Prüfung bis herab zu 0,35 m verringerte sich der Anteil der letztgenannten Patientengruppe, nach Ansicht o.a. Autoren ein Erfolg der motorischen Konvergenz. (Tab. 10)

Bei der Prüfung mit den echt räumlich dargebotenen Stereotests, dem 3-Stäbchen-Test nach HERING und dem Koinzidenztest, ergaben sich recht unterschiedliche Ergebnisse. Nur in 17 Fällen konnte beim 3-Stäbchen-Test ein in allen Prüferentfernungen positives Resultat erzielt werden. Bei 5 Personen wurde nur bei 0,35 m eine gute Breitenwahrnehmung festgestellt. Nur wenige Prüflinge vermochten auf Anhieb bei der zehnmaligen Wiederholung der Messung Werte mit geringem Streuungsgrad einzustellen. Erst nach einer Eingewöhnungszeit waren die dargebotenen Testobjekte plötzlich als räumliche Darstellungen zu erkennen. Anscheinend spielt der Grad des individuellen Abstraktionsvermögens hier eine große Rolle. Daß die Eingewöhnung bei Personen mit höherer Schulbildung schneller vonstatten ging, legt die Vermutung nahe, daß das Abstraktionsvermögen intelligenzabhängig ist.

Ein großes Tiefenunterscheidungsvermögen (geringer Einstellfehler) konnte nur bei 6 Patienten beobachtet werden. Kritisch zu beurteilen sind die fünf nur bei 0,35 m positiven Sehergebnisse. Wie schon in Kapitel 3 erwähnt, wird bei 0,35 m das angebotene Objekt unter einem größeren Winkel als in den anderen Prüferentfernungen gesehen, liegt also in einer scheinbar noch näheren Entfernung und ist deshalb deutlicher sichtbar. Möglicherweise lassen sich die betreffenden Ergebnisse auf diesen Umstand zurückführen. Auch der bei Entfernung Unendlich auftretende Effekt, das Verschieben der Test-

stäbchen über Unendlich hinaus in einen virtuellen Bereich und dadurch bedingte ungenaue Einstellwerte (siehe S. 31), konnte wiederholt beobachtet werden. Bei 6 Personen waren die Streuungen und der Einstellfehler gegenüber 5 m deutlich höher. (Tab. 10)

Bessere Resultate erbrachte der Koinzidenztest. 34 der 43 Testpatienten ermittelten ein positives Ergebnis für alle gemessenen Entfernungen. Dabei konnten fast ausschließlich geringe Einstellfehler mit niedriger Streuung beobachtet werden. Offensichtlich ist dieser Test zu einfach für die Prüfung des stereoskopischen Sehens; man kann ihm nur grob orientierenden Charakter zusprechen. Selbst 2 Patienten ohne Binokularsehen bewältigten die Koinzidenzprüfung erfolgreich. (Tab. 10)

Auch dieser Test ist zugleich als Intelligenztest zu verstehen. Das Verständnis des Einstellprinzips ermöglicht auch Einäugigen relativ gute Genauigkeiten. Unter den 9 Personen, die diese Untersuchung nicht erfolgreich absolvieren konnten, sind 6 Arbeiter (siehe Berufe S. 38). Auch hier trifft der oben angesprochene Zusammenhang zu.

Bei den Pola-Stereotests ermöglichte der Dreieckstest wiederum eine erste Übersicht. 18 Patienten gaben in allen Entfernungen, 4 in Unendlich und 5 m und 2 nur in 0,35 m verwertbare Antworten. Die beiden letzteren sind mit den für die Entfernung 0,35 m geltenden Vorbehalten zu beurteilen.

Genauere Ergebnisse waren hingegen mit dem Zahlentest zu ermitteln. 5 Patienten konnten in allen Entfernungen alle Zahlen stereoskopisch erkennen. Sie erreichten dabei ein stereoskopisches Sehvermögen zwischen 0 und 60 Winkelsekunden ('). Eine Winkelsekunde entspricht $\frac{1}{3600}$ Grad. In 8 Fällen bestand Stereoskopie von 60 - 180' für jede Prüfentfernung. Von den restlichen Patienten konnten 7 für Unendlich und 5 m bis zu 540' die Zahlen ungenau erkennen. 2 Testpersonen erkannten in 0,35 m die zwischen 300' und der Testgrenze von 540' liegenden Zahlen.

Der interessante Vergleich zum TITMUS-Stereotest erbrachte folgende Ergebnisse: Der Meßbereich reicht mit 25'' - 800'' etwas höher hinaus als beim Zahlentest (0 - 540''). 15 Patienten erreichten weniger als 800'' (Zahlentest 21 Personen unter 540''), 14 Fälle lagen zwischen 200'' und 800'' (9 zwischen 240'' und 540''), 9 zwischen 80'' und 140'' (8 zwischen 60'' und 180'') und 5 Personen konnten zwischen 40'' und 60'' nachweisen (5 zwischen 0 und 60''). (Tab. 10). Die Werte zeigen eine ziemliche Übereinstimmung. Die Diskrepanz von 6 Patienten mit negativem Testausgang erklärt sich aus dem unterschiedlichen Meßbereich, denn zwischen 200'' und 800'' weist der TITMUS-Stereotest 5 Patienten mehr auf, wahrscheinlich mit Stereoskopie zwischen 540'' und 800''.

Werden die Ergebnisse mit denen am Stereoeidometer nach MONJE verglichen, wie dies EHRICH und KOLBEGGER (45) tun, zeigt sich, daß die Grenze für normales stereoskopisches Sehen bei ca. 10^0 Stabneigung am Eidometer entsprechend 10'' liegt. Eine solche Qualität ist mit den o.a. Prüfungen nicht zu ermitteln, daher geben - nach Aussage der beiden Autoren - alle Ergebnisse immer nur eingeschränkte Stereoskopie an.

Eine Gegenüberstellung der Werte des 3-Stäbchen-Tests und des Polastereotests mit Zahlen beweist den höheren Schwierigkeitsgrad der echt räumlichen Sehprobe. Auch mit größerem Einstellfehler beim 3-Stäbchen-Test konnten beim Zahlentest noch gute Ergebnisse erzielt werden. Patienten mit großer Einstellgenauigkeit waren die besten Stereoseher im Zahlentest.

Bei Betrachtung aller Einzelergebnisse zeigt sich, daß die Positiv-Negativ-Quote immer bei ca. 50%, mit Ausnahme der erwähnten leichteren Tests, liegt. Als besonders relevanter Maßstab kann der 3-Stäbchen-Test nach HERING gelten. Unter Berücksichtigung seiner Ergebnisse ist das anfänglich angegebene Ergebnis von 74% Binokularsehen etwas kritisch zu betrachten. Doch auch 50% beidäugiges Sehvermögen unter Anlegung strenger Kriterien sind noch als ein gutes Gesamtergebnis zu werten.

Tabelle 10: Einzelergebnisse der binokularen und stereoskopischen Sehtests

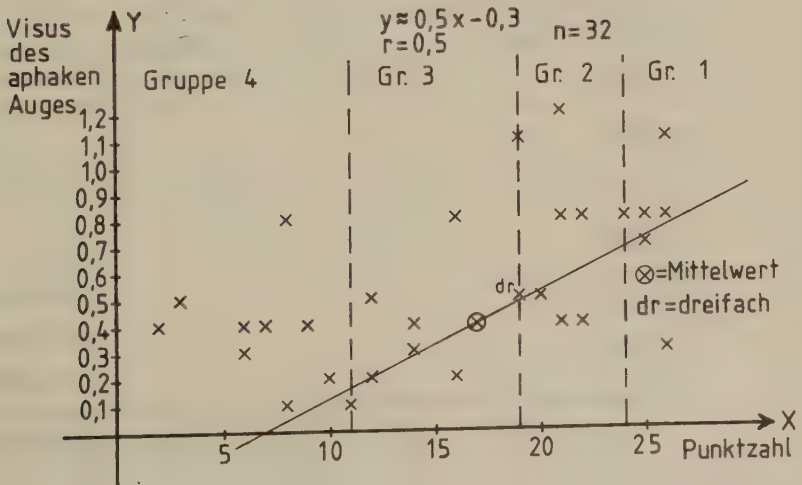
		<u>Gruppe</u>	<u>Anzahl der Patienten</u>
WORTH-Vierpunkte-Test	positiv		32
	negativ		11
3-Stäbchen-Test n. HERING	positiv	1	6
	positiv	2	11
	positiv	3	5
	negativ		21
Koinzidenztest	positiv	1	28
	positiv	2	5
	positiv	3	1
	negativ		9
Pola-Stereotest mit Dreieck	positiv	1/2	18
	positiv	3	6
	negativ		19
Pola-Stereotest mit Zahlen	positiv	1	5
	positiv	2	8
	positiv	3	9
	negativ		21
TITMUS-Stereotest	positiv	1	5
	positiv	2	9
	positiv	3	14
	negativ		15

In Abschnitt 4.1 wurden verschiedene Faktoren angegeben, die sich auf die Qualität des binokularen und stereoskopischen Sehens auswirken sollen. Um mögliche Beziehungszusammenhänge zu erkennen, stellen wir im folgenden die Untersuchungsergebnisse graphisch in Form einer Punktwolke dar. Unter der Voraussetzung, daß eine lineare Beziehung zwischen den Größen besteht, wird der Korrelationskoeffizient r ermittelt. Er gibt den Grad der Determiniertheit des funktionalen Zusammenhanges an. Deren Art wird durch eine Gerade dargestellt. Die Steigung und der Schnittpunkt der Geraden mit der x-Achse können jedoch nicht genau bestimmt werden und werden daher mit folgenden Schritten und Überlegungen näherungsweise ermittelt:

1. Errechnung der Mittelwerte der y-Werte (M_y) für jeden x-Wert als Spaltenmittelwerte und Einzeichnung der Punkte P (x/M_y) in die Korrelationsgraphik.
2. Per definitionem muß die Gerade durch den Punkt verlaufen, der aus den Mittelwerten der x-Werte (M_x) und M_y bestimmt wird.
3. Bei einer linearen Funktion hat die Geradengleichung die Form $y = mx + n$.

Betrachtet man das Sehresultat im Zusammenhang mit der Sehschärfe des aphaken Auges (Abb. 16),

Abbildung 16: Sehschärfe des sphaken Auges in Korrelation zur Punktzahl des Binokular- und stereoskopischen Sehens



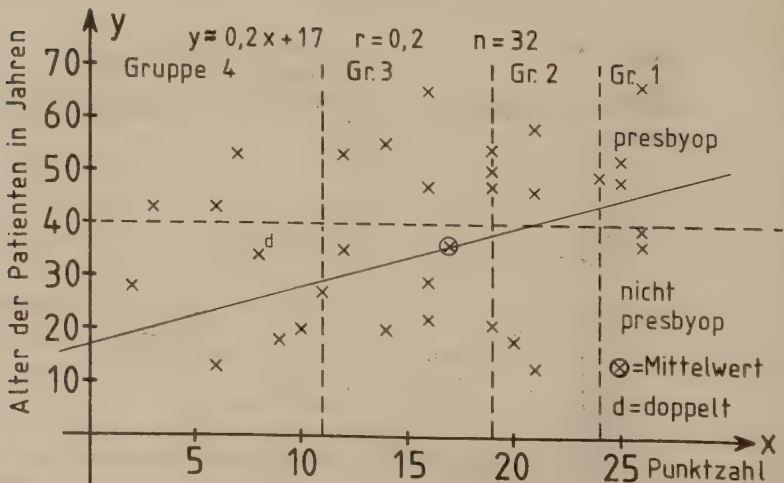
zeigt sich folgender Zusammenhang: Der Korrelationskoeffizient r beträgt 0,5. Damit korrelieren die Merkmale positiv. Ein gutes Stereosehen ist abhängig von einer möglichst hohen Sehschärfe. Tatsächlich liegt der Visus des aphaken Auges bei den Patienten der Gruppe 1 mit 0,75 und der Gruppe 2 mit 0,67 im Durchschnitt wesentlich höher als bei Gruppe 3 mit 0,36 und Gruppe 4 mit 0,39. Trotzdem fallen auch die in den beiden letzten Gruppen noch auftretenden höheren Visuswerte auf. Die Erklärung ist, wie SCHMITT und BORGGRAFE (109) meinen, bei den Zeitfaktoren - tägliche Tragezeit der Kontaktlinse und Tragedauer - zu suchen.

Die Patienten ohne Binokularsehen weisen mit durchschnittlich 0,26 einen deutlich geringeren Visus des aphaken Auges auf als diejenigen mit beidäugigem Sehvermögen. Hier beträgt der durchschnittliche Gesamtvisus aller 4 Gruppen 0,54.

Die im Prüfabstand 5 m vorgenommene Messung mit der Optotypentafel konnte diese Werte im großen und ganzen bestätigen. Im Bioptrimeter lassen sich jedoch feinere Abstufungen vornehmen, was zu exakteren Ergebnissen führt als bei der mehr orientierenden Untersuchung an den Optotypen.

Eine Gegenüberstellung von Alter des Patienten und Binokularsehen zeigt (Abb. 17)

Abbildung 17: Alter des Patienten und Punktzahl des Binokular- und stereoskopischen Sehens



das von mehreren Autoren beschriebene bessere Binokularresultat im Presbyopenalter. Der Korrelationskoeffizient beträgt 0,2. Damit besteht eine positive Korrelation. Nur 6 Patienten aus der Gruppe 1 und 2 sind im Vorpresbyopenalter, 10 dagegen über dieser Grenze. Umgekehrt verhält es sich dagegen bei der Gruppe 4: 7 Personen sind unter der Alterssichtigkeitsgrenze, nur 3 darüber.

Ein Kausalzusammenhang läßt sich durch diese Beziehung allerdings nicht finden. Es kann sich auch um einen Einfluß der Kataraktform handeln.

Von den Patienten ohne Binokularsehen sind 8 unter 40 Jahren, 3 über 40 Jahre alt. Inwieweit die ausgefallene Akkommodation eine Rolle spielt, die ja die presbyopen Patienten nicht mehr betrifft, von den Vorpresbyopen dagegen kompensiert werden muß, läßt sich aus den Untersuchungsbefunden nicht beurteilen. Für EHRICH und KOLBEGGER (45) ist dies der Hauptgrund für die schlechteren binokularen Sehleistungen Vorpresbyoper.

Eine Auswertung der Berufe der 11 Patienten, die Binokularsehen nicht erreichten, ergab, daß es sich dabei um 3 Hausfrauen, 6 Arbeiter, 1 Angestellten und 1 Rentner handelt. Mit GYÖRFFY und TOTH (60) könnte man in Anbetracht des hohen Anteils von Berufen mit überwiegend körperlicher Betätigung auf einen Einfluß durch diese Art der Beschäftigung oder der Schulbildung schließen. Die Anforderungen an die Qualität des beidäugigen Sehens könnten hier geringer sein. Für präzise Aussagen ist die Stichprobe allerdings viel zu gering.

Tabelle 11 zeigt den postulierten Einfluß der Kataraktform auf die Güte des Binokularsehens.

Tabelle 11: Erreichtes Binokularsehen nach Katarakt aus
traumatischer und anderer Ursache

	Anzahl der Patienten				
	mit Binokularsehen				ohne Binokularsehen
	Gruppe				
	1	2	3	4	
Traumatische Katarakt	-	5	4	8	7
Nicht traumatische Katarakt	6	5	3	1	4

Die Ergebnisse von SCHMITT und BORGGRÄFE (109) und anderen Autoren finden durch diese Auswertung Bestätigung. Kein Patient mit traumatischer Katarakt erreichte Binokularsehen der 1. Gruppe! Hingegen überwiegen diese Patienten beim beidäugigen Sehen der Gruppe 3 und Gruppe 4. Auch die Mehrzahl der Personen ohne Binokularsehen leidet an posttraumatischer Aphakie. Als Ursache wird, wegen der hohen Zahl der präsenilen und senilen Kataraktformen, das Alter der Patienten in Betracht kommen. Über das bessere Binokularresultat im Presbyopenalter wurde ja bereits im Vorhergehenden berichtet. Des weiteren ist in diesem Zusammenhang von verstärkten Hornhautnarben, Glaskörpertrübungen und Linsenresten berichtet worden, die bei posttraumatischer Aphakie die Sehschärfe herabsetzen und zu den erwähnten schlechteren Ergebnissen führen.

Am LITTMANN-Ophthalmometer konnten dazu Messungen der Hornhautkrümmung in 2 Hauptradien vorgenommen werden (Tab. 12).

Tabelle 12: Astigmatismus und Katarakt

	Anzahl der Patienten	
	mit Astig- matismus	ohne Astig- matismus
Traumatische Katarakt	23	1
Nicht traumatische Katarakt	12	7

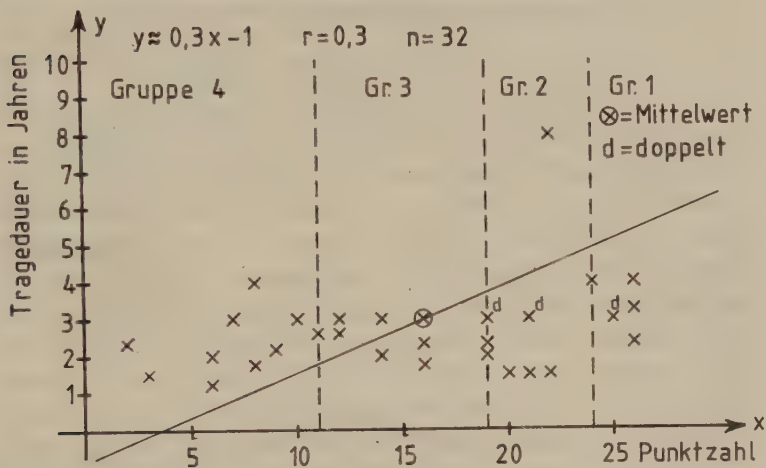
Auffallend ist dabei die Anzahl von Patienten ohne Astigmatismus bei nicht traumatischer Katarakt. Beim Vergleich des Astigmatismus mit dem Binokularsehen kann dagegen kein Zusammenhang gefunden werden. Personen ohne Astigmatismus gehören ohne eine bestimmte Präferenz zu allen Gruppen des Binokularsehens. Alle Personen ohne beidäugiges Sehen haben dagegen Astigmatismus. Das kann jedoch auch auf Grund der hohen Anzahl - über 80% weisen dieses Merkmal auf - rein zufällig sein.

Vergleicht man die durchschnittlichen Sehschärfen der beiden Gruppen (traumatische und nicht traumatische Katarakte) miteinander, so fällt das Ergebnis mit 0,68 zu 0,61 nur knapp zugunsten der Patienten mit nicht traumatischem Star aus. Für eine Erklärung der schlechteren Sehleistungen ist diese Differenz sicher nicht ausreichend. Anscheinend wird der entscheidende Einfluß doch durch das Alter des Patienten ausgeübt.

Eine möglichst lange tägliche Tragezeit der Kontaktlinse soll das beidäugige Sehen ebenfalls positiv beeinflussen. 70% der Patienten tragen ihre Haftscheibe 6 Stunden und länger am Tag regelmäßig (siehe S. 41).

Abb. 18 zeigt den Vergleich zum binokularen und stereoskopischen Sehen.

Abbildung 19: Tragedauer der Kontaktlinse und Binokularsehen

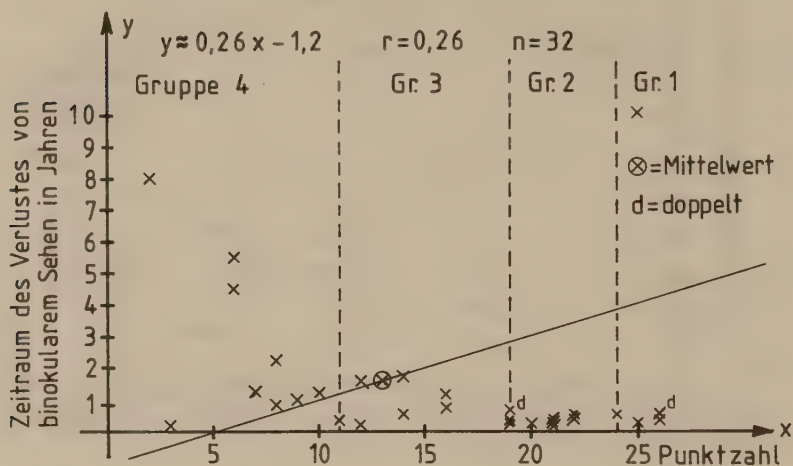


Auch die Beziehung zwischen Tragedauer und erreichtem Binokularsehen korreliert positiv ($r = 0,3$). Patienten mit länger zurückliegender Haftschaalenversorgung weisen bessere binokulare Sehergebnisse auf. Von den 16 Patienten, die bis zu 2 Jahren eine Kontaktlinse tragen (vgl. Tab. 6), haben 6 kein Binokularsehen erreicht, unter einem Jahr Versorgung sogar kein Patient!

Ebenso wie die tägliche Tragezeit der Kontaktlinse ist auch die Tragedauer ein Index für die Zufriedenheit des Patienten mit seiner Korrektur.

Eine starke Bedeutung wird in verschiedenen Publikationen der Dauer des vorübergehenden Verlustes des beidäugigen und Tiefensehens zugemessen. Nach den Untersuchungen von GERHARD und BRONNER (50) und anderen wirkt sich ein möglichst kurzer Unterbrechungszeitraum eindeutig positiv auf das postoperative Sehresultat aus.

Abbildung 20: Zeitraum des Verlustes von Binokularsehen in Korrelation zum postoperativen Sehresultat



Auch nach den vorliegenden Ergebnissen zeigt sich, daß die Patienten mit über einjähriger Unterbrechung des Binokularsehens überwiegend nur zur Gruppe 3 oder Gruppe 4 gehören. Der Korrelationskoeffizient beträgt 0,26. Damit besteht eine positive Korrelation. Alle außer einem Fall der Gruppe 1 haben innerhalb von 12 Monaten eine Kontaktlinse erhalten. Nur 3 Untersuchte konnten, wenn sie innerhalb eines Jahres korrigiert wurden, beidäugiges Sehen nicht zurückerlangen. 4 von den 9 Patienten dagegen, die erst nach mehr als 2 Jahren Unterbrechung ihre Sehhilfe erhielten, müssen sich mit Monokularität begnügen, die übrigen 5 zeigten in der Mehrzahl schwache beidäugige Beurteilungskriterien. (Abb. 20)

Verringerter Visus, ausgefallene Akkommodation und postoperative Komplikationen scheinen Faktoren zu sein, die sich bei längerer Wirksamkeit ungünstig auswirken und Entwicklungen wie Stellungsanomalien und Exclusion Vorschub leisten. Besonders der von CORDS (30) beschriebene Zusammenhang zwischen Akkommodation und Konvergenz wird im Vorpresbyopenalter entscheidend sein.

6.2 Aniseikonie

Entsprechend der vorgegebenen Fragestellung war festzustellen, wie hoch die Aniseikonie bei den 43 untersuchten einseitig Aphaken ist.

Bei 5 Patienten versagte die Meßmethode: Es konnte weder qualitative noch quantitative Aniseikonie bestimmt werden. Von dem im Biophtometer polarisiert binokular dargebotenen Rechteck wurde immer nur eine Hälfte gesehen, und daher war ein Größenvergleich der beiden Hälften nicht möglich. 4 dieser 5 Personen gehören zur Gruppe derer, die kein manifestes Binokularsehen erreichten. Man kann unterstellen, daß diese Fälle in Divergenz abgewichen sind. GERNET (55) berichtet, daß die Schielabweichung bei Vorpresbyopen auf die höhere Aniseikonie besonders für die Nähe zurückzuführen ist. 3 von den 5 Patienten gehören der Altersgruppe unter 40 an. Bei einer der Personen konnte Binokularsehen festgestellt werden, jedoch nur nach den Kriterien der Gruppe 4.

Alle 5 Untersuchten tragen ihre Kontaktlinse weniger als 8 Stunden am Tag, 4 sogar weniger als 6 Stunden. Der erreichte Visus des aphaken Auges ist bei 4 Patienten sehr niedrig, d.h. $< 0,35$. Auch die Zeitdauer für Verlust des Binokularsehens fällt schon in einen prognostisch kritischen Abschnitt. (Alle über 1 3/4 Jahre).

Ganz offensichtlich ist für diesen Patientenkreis die verordnete Korrektur als voller Mißerfolg zu werten. Besonders für die jüngeren Patienten sollte nach einer anderen, befriedigenderen Rehabilitationsmöglichkeit gesucht werden.

38 Patienten standen danach für eine Überprüfung ihrer Aniseikonieverhältnisse zur Verfügung. Erstaunlicherweise fand sich eine Patientin ohne jede Aniseikonie. Darauf wird später noch eingegangen.

Die 37 Fälle mit meßbarer Aniseikonie teilen sich in 20 vorpresbyope und 17 presbyope Patienten auf. Diese Unterscheidung wird im Hinblick auf die Veröffentlichungen von GERNET (57) vorgenommen, der auf stark differierende Aniseikonie hinweist.

Bei der Bestimmung der qualitativen Aniseikonie zeigte sich bei 0,35 m häufiger eine Unsicherheit, wenn die Patienten zum Abzeichnen

der Figur aufgefordert wurden. Das läßt sich auf den schon erwähnten Umstand zurückführen, daß das Testobjekt in dieser Entfernung bereits unter einem zu großen Sehwinkel erscheint und ein exakter Größenvergleich der beiden Rechteckhälften daher nicht mehr möglich ist.

Die quantitative Messung erbrachte folgende Ergebnisse (Tab. 13):

Tabelle 13: Quantitative Aniseikonie bei Vorpresbyopen und Presbyopen

	Anzahl der Patienten	Durchschn. Aniseikonie		Grenzen
		fern (5 m und ∞)	nah (0,35 m)	
Vorpresbyope	20	5,6%	6,4%	1,0% - 12,5%
Presbyope	17	4,1%	3,9%	0,5% - 9,5%
Ohne Aniseikonie	1			
Stellungsanomalie (Divergenz)	5			

Die Aniseikonie für die vorpresbyopen Patienten ist zwar im Durchschnitt deutlich höher, zeigt aber doch nicht die Diskrepanz der Werte, die andere Untersuchungen erwarten lassen. Auch die absoluten Prozentzahlen sind geringer als erwartet.

Zwischen Nah- und Fernbereich besteht bei den Vorpresbyopen eine Differenz von 0,8%. In diesem Zusammenhang soll erneut auf die mögliche Problematik der Beurteilung von Werten im Nahbereich (0,35 m) hingewiesen werden. Eine Fehlerquelle ist hier also unter Umständen nicht auszuschließen.

Unter Berücksichtigung des präoperativen Refraktionszustandes der Patienten ergab sich (Tab. 14):

Tabelle 14: Aniseikonie und präoperativer Refraktionszustand

	Anzahl der Patienten	Durchschn. Aniseikonie	
		fern (5 m und ∞)	nah (0,35 m)
Emmetrope oder ehemals Emmetrope	23	4,9%	5,5%
Myope	14	4,5%	4,3%
Hyperope	1	1,0%	2,0%
davon Anisometropie	6	4,8%	4,7%
Stellungsanomalie (Divergenz)	5		

Eine höhere Aniseikonie bei Myopie oder Anisometropie läßt sich aus dem vorliegenden Datenmaterial nicht erkennen. Die geringe Aniseikonie bei dem einen hyperopen Patienten entspricht zwar den Erwartungen, jedoch ist dieser eine Fall für eine definitive Aussage nicht beweiskräftig genug.

Eine besonders wichtige Frage für die Relevanz der Aniseikonie ist die Bedeutsamkeit des Einflusses auf das Binokularsehen. Die Skala der Autorenberichte ist dabei sehr weitläufig. Die Urteile reichen von unbedingter Übereinstimmung bis zur völligen Ablehnung eines Zusammenhanges. Ebenso schwanken die Berichte über die Toleranzgrenze, dem Grad der Aniseikonie, bis zu dem Binokularsehen noch möglich ist.

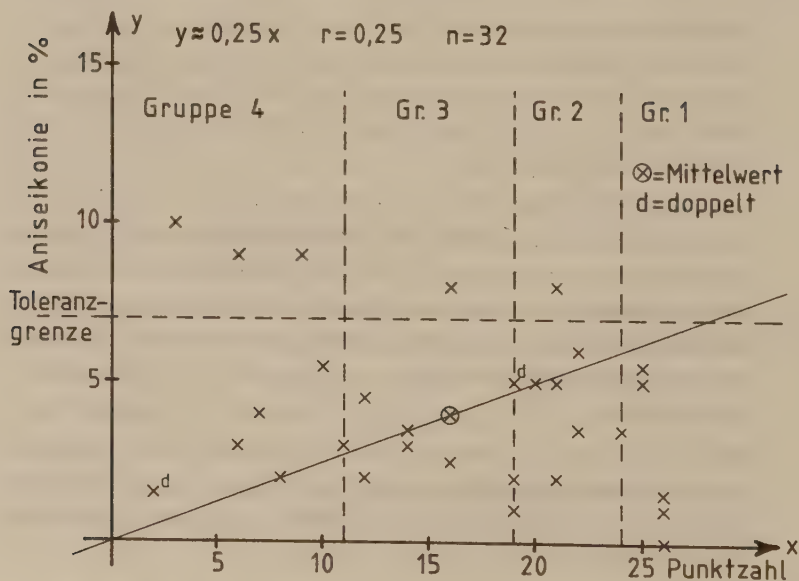
Bei 31 Patienten mit Binokularsehen und 7 ohne beidäugiges Sehen konnte die durchschnittliche Aniseikonie bestimmt werden. (Tab. 15) Wegen der oben erwähnten Fehlermöglichkeit im Nahbereich wurde nur die Aniseikonie für die Ferne errechnet.

In einer Graphik sind die Aniseikonieverhältnisse innerhalb der Gruppe mit Binokularsehen festgehalten. (Abb. 21)

Tabelle 15: Aniseikonie bei Patienten mit und ohne Binokularsehen

	Anzahl der Patienten	Durchschn. Aniseikonie (fern)
Mit Binokularsehen	31	4,1%
Ohne Binokularsehen	7	5,8%
Ohne meßbare Aniseikonie	1	
Stellungsanomalie (Divergenz)	5	

Abbildung 21: Aniseikonie und Binokularsehen



Die um nur durchschnittlich 1,7% höhere Aniseikonie der Patienten ohne Binokularsehen beweist noch keinen Zusammenhang. Beide Werte bewegen sich noch unterhalb der Toleranzgrenze von ca. 7%. Der

Faktor, der Binokularsehen verhindert, kann daher nicht oder zumindest nicht ausschließlich im Zusammenhang mit der Aniseikonie stehen. Abb. 21 bestätigt diese Ergebnisse. Zwischen Aniseikonie und Qualität des binokularen und stereoskopischen Sehens kann zwar eine positive Korrelation von 0,25 gefunden werden, es ergibt sich aber kein hoher statistischer Zusammenhang. Hohe Aniseikonie ist mit gutem beidäugigen Sehen, schlechte Stereopsis auch mit geringer Aniseikonie verbunden.

9 Patienten liegen mit der Höhe ihrer Aniseikonie über der Toleranzgrenze von 7%, davon haben 4 kein Binokularsehen. Bei 7 Patienten ohne Stereopsis mit meßbarer Aniseikonie bedeutet das allerdings einen Anteil von über 50%.

6.3 Aniseikonie-Beschwerden

Wie steht es schließlich um die subjektiven Beschwerden, die eine nachgewiesene Aniseikonie für den Patienten mit sich bringt? Sind die Symptome mit dem Ziel einer möglichst optimalen Rehabilitation zu vereinbaren?

Folgende Beschwerden wurden genannt (in Klammern die Häufigkeit der Patientenangaben):

- Blendungsempfindlichkeit (20)
- Doppelbilder (6)
- Schwierigkeiten beim Entfernungsschätzen (Störungen der Raumwahrnehmung) (10)
- Schleier (4)
- Schatten (2)
- Unscharfes Sehen (4)

Unter diesen Aussagen sind Mehrfachnennungen zu verzeichnen.

Ohne jede Beeinträchtigung tragen 7 Patienten ihre Kontaktlinse. Sie konnten trotz ausführlicher Befragung keine störenden Symptome nennen. Die Sehleistungen für Binokular- und Stereosehen dieser Gruppe gehörten in 2 Fällen zur Gruppe 1, in 3 Fällen zur Gruppe 2 und in 2 Fällen zur Gruppe 3. Die Aniseikonie lag zwischen 0 und

6% (im Durchschnitt 3,4%).

Es handelte sich also überwiegend um Patienten, die eine befriedigende Kontaktlinsenanpassung erfahren haben. Das entspricht den Erwartungen, denn Mängel in der Verordnung, optisch oder physikalisch, können vom direkt Betroffenen nur in seiner subjektiven Aussage konkretisiert werden.

Die gemessene Aniseikonie war unterdurchschnittlich hoch, wobei aber auch höhere Aniseikoniewerte zu verzeichnen waren.

Die 6 Personen mit manifesten Doppelbilderwahrnehmungen haben kein Binokularsehen erreicht, bei 3 von ihnen konnte deshalb die Aniseikonie nicht bestimmt werden. Die Doppelbilder sind in diesen Fällen auf die sekundäre Divergenz zurückzuführen. Die Aniseikonie bei den 3 meßbaren Fällen betrug durchschnittlich 7,7% (12,5%, 6,5%, 4%). Zu hohe Aniseikonie kann hier Auslösefaktor für die Doppelbilder gewesen sein.

Störungen in der Raumwahrnehmung wurden recht häufig (10mal) angegeben. Darunter befanden sich 3 Probanden, die kein Binokularsehen erreichten. Die durchschnittliche Aniseikonie lag mit 6,0% etwas über dem Gesamtdurchschnitt.

Diese Beschwerden wurden von allen Betroffenen besonders eindrucksvoll geschildert und offensichtlich als schwerwiegend und hinderlich empfunden. Die Patienten berichteten übereinstimmend vom Vorbeigießen beim Einfüllen einer Tasse Kaffee, über die Unmöglichkeit, einen Faden in die Öse einer Nähnadel einzufädeln oder Problemen beim Treppensteigen.

Die Aniseikonie verzerrt das binokulare Raumbild. Nach BERGER und MONJE (13) gewöhnt man sich an eine künstlich induzierte Aniseikonie von 3,2% innerhalb einer Stunde. Obwohl alle 10 angesprochenen Patienten ihre Haftschale 1 Jahr und länger tragen, kam es zu den geschilderten Störungen.

Unscharfes Sehen (4mal) ist auf einen zu geringen Visus des korrigierten aphaken Auges zurückzuführen. Die Sehschärfe für Nähe und

Ferne lag ausnahmslos unter 0,5.

Schatten (2mal) und Schleier (4mal) wurden als Begleitsymptomatik zu den vorerwähnten Beschwerden geschildert. Sie galten nicht als gravierende Beeinträchtigung, da ophthalmoskopisch eine beginnende Ablatio ausgeschlossen werden konnte.

Auch die von der Hälfte der Patienten angegebene Blendungsempfindlichkeit ist unabhängig von den Sehleistungen. Sie sind Folge der einseitigen Aphakie und der teilweise erhöhten mechanischen Reizkomponente durch das Tragen der harten bzw. weichen Haftschaale.

Bei abschließender Befragung nach dem Grad ihrer Beeinträchtigung machten die 37 Patienten mit Aniseikonie folgende Angaben (Tab. 16):

Tabelle 16: Subjektive Beeinträchtigung durch das Tragen der Haftschaale

	<u>Anzahl der Patienten</u>
Nicht beeinträchtigt	6
Geringfügig beeinträchtigt	22
Stärker beeinträchtigt	4
Sehr stark beeinträchtigt	5

Diese Aussagen decken sich recht gut mit den besprochenen Ergebnissen. Die 5 "sehr starken Beeinträchtigungen" stammen verständlicherweise von Patienten ohne Binokularsehen.

6.4 Ausgewählte exemplarische Fälle

Zur Erläuterung der ermittelten Gesamtergebnisse und einiger charakteristischer Einzelwerte erscheint uns die Angabe der anamnestischen Befunde und der Untersuchungsdaten einiger ausgewählter Patienten erforderlich.

1. Fall: I. P., eine 36jährige Hausfrau, Einweisungsdiagnose Cataracta complicata rechts. Visus RA: Handbewegungen in 1 m, Lux mit intakter Lokalisation. Visus LA: 1,0 s.c.

Seit einem Jahr wurde schlechteres Sehen bemerkt. Stellung der o.a. Diagnose. 4 Monate später komplikationslose Kryo-Kataraktextraktion mit Alphachymotrypsin (1 : 7000) und Tufosin S 40. Am 12. Tag Entlassung, Visus RA: + 12,5 sph - 0,5 cyl/0° = 0,8 sten. Nach 3 Monaten Anpassung einer weichen Kontaktlinse.

Untersuchungsbefunde (Biotometer): Visus RA: 1,25 c.c., Nahvisus 1,0 c.c., WORTH positiv, Binokularesehen Gruppe 1 (26 Punkte), Aniseikonie fern: keine, nah: 1,5%.

Regelmäßiges Tragen der weichen Kontaktlinse ca. 8 Stunden/Tag, keine subjektiven Beschwerden.

Diese Patientin erreichte die besten Ergebnisse aller untersuchten Personen. Das Fehlen von Aniseikonie erschien zunächst nicht glaubhaft, konnte aber bei dreimaliger Wiederholung der Messung bestätigt werden. Die Frau hatte eine sehr positive Einstellung zu ihrer Behinderung und war bereit gewesen, anfängliche Probleme beim Tragen der Haftscheibe als unabänderlich zu akzeptieren.

Kontrollen der Haftscheibe wurden vom niedergelassenen Augenarzt regelmäßig vorgenommen. Eine Erklärung für das Fehlen von Aniseikonie fand sich nicht.

2. Fall: E. D., 58 Jahre alt, leitender Beamter, seit 6 Monaten Beschwerden über zunehmende Sehverschlechterung. Seit 4 Jahren Lesebrille mit rechts + 2,0, links + 2,0 komb. - 0,5/160°.

Diagnose: RA: Cataracta senilis matura. LA: Zarte Coronariatrübung mit beginnender hinterer schalenförmiger Trübung. Fernvisus rechts: Handbewegungen in 0,2 m, Lux intakt, links: 1,0 c.c. (-0,5 sph).

RA: Glatte Kryo-Kataraktextraktion, postoperativ komplikationsloser Verlauf. 10. Tag Entlassung mit Visus RA: + 15,25 sph = - 2,75 cyl/30° = 0,5 sten. 5 Monate später Anpassung einer Hartlinse bei Astigmatismus obliquus.

Untersuchungsbefunde (Biotometer): Visus RA: 0,63 c.c., Nahvisus

0,8 c.c., WORTH positiv, Binokularsehen Gruppe 2 (21 Punkte).
Aniseikonie fern: 8%, nah: 8%.

Regelmäßiges Tragen der Kontaktlinse 6 - 8 Stunden/Tag. Beschwerden: Blendungsempfindlichkeit, Schleiersehen gelegentlich.

Trotz der höheren Aniseikonie konnte der Patient noch ausreichendes Binokularsehen erreichen. Auch die nicht sehr große Sehschärfe beeinträchtigt das Binokularresultat offensichtlich nicht. Der Patient ist sehr einsichtig, beobachtet genau und registriert Veränderungen seines Zustandes. Auch nimmt er sich sehr wichtig und stilisiert die Aphakie zu einem Leiden, das ihn zum "Schwerbehinderten" macht. Entsprechend exakt beschrieb er anfängliche Probleme beim Treppensteigen und Autofahren. Bis auf die Blendung bildeten sich die Störungen zurück. Der Patient unternimmt daher keine nächtlichen Autofahrten mehr. Er muß viel und schnell lesen und schreiben, hat daher ein hohes Bedürfnis nach Binokularsehen. Wie schon berichtet, erreichten Personen mit höherer Schulbildung bzw. vorwiegend geistiger Beschäftigung ein besseres Binokularresultat.

3. Fall: E. B., 52 Jahre alt, Maurer, Cataracta praesenilis RA vor 4 Jahren diagnostiziert. In den letzten Jahren davor progrediente Sehverschlechterung. Nahbrille bds. + 3,5 = - 0,5/5⁰. Linse mit Kernverdichtung, leicht brunescierend, leichte hintere Schalen-trübung. Visus RA: 0,1 c.c. (+ 0,5).

Kryo-Kataraktextraktion, postoperativ ohne Komplikation. Entlassung nach 11 Tagen mit Visus RA: + 13,0 sph = 1,0/160⁰ = 0,4 sten. Nach 4 Monaten weiche Kontaktlinse.

Untersuchungsbefunde (Biometer): Visus RA: 0,8 c.c., Nahvisus 0,63 c.c., WORTH negativ, kein Binokularsehen, Aniseikonie fern: 5%, nah: 5,5%.

Die Kontaktlinse wird weniger als 4 Stunden/Tag getragen. Beschwerden: Doppelbilder, Blendungsempfindlichkeit, Störungen der Raumwahrnehmung.

Der Patient ist mit seiner Korrektur sehr unzufrieden. Er gibt

an, ohne die Haftschale besser zu sehen, der Grund für das seltene Tragen. Wegen des resultierenden unscharfen Netzhautbildes sind die Doppelbilder dann nicht mehr störend. Die Störungen in der Raumwahrnehmung fallen dem Mann nur beim Autofahren auf (Abschätzen von Parklücken, Toreinfahrten). Die Aniseikonie liegt noch unterhalb der Toleranzgrenze. Offensichtlich ist hier die sekundäre Divergenz der Faktor, der Binokularsehen verhindert.

4. Fall: S. B., 21 Jahre alt, Angestellte mit Einweisungsdiagnose Cataracta traumatica LA nach perforierender Windschutzscheibenverletzung (Autounfall). Visus LA: Lux mit intakter Lokalisation. Nach Linsenquellung Discision und Ablassung. 3 Monate später Nachstardiscision im Pupillarbereich. Entlassung mit Visus LA: + 12,5 comb. - 1,0/70⁰ = 0,5 sten.
Nach 4 Monaten Verordnung einer weichen Kontaktlinse.

Untersuchungsbefunde (Bioptometer): Visus LA: 0,32 c.c., Nahvisus: 0,32 c.c., WORTH negativ, kein Binokularsehen, Aniseikonie fern: 11%, nah: 12,5%.

Tragedauer der Haftschale 6 - 8 Stunden/Tag. Beschwerden: Unscharfes Sehen, Blendungsempfindlichkeit, Störungen der Raumwahrnehmung.

Das Binokularsehen wird hier von der sehr hohen Aniseikonie, besonders im Nahbereich verhindert. Außerdem ist der erreichte Visus zu gering, so daß zuerst eine neue Kontaktlinse angepaßt werden müßte. Die Patientin erwies sich als sehr desinteressiert an ihrem Leiden. Die Beschwerden konnten erst nach intensiver Befragung registriert werden, sie waren der Patientin noch nicht besonders aufgefallen. Auch eine Konfrontation mit den schlechten Ergebnissen ihrer Untersuchung konnte die Frau nicht dazu bewegen, über eine stärkere Mitbeteiligung ihrerseits wieder zu Binokularsehen zu gelangen. Sie fühlte sich kaum beeinträchtigt und war im großen und ganzen mit der Korrektur zufrieden.

Anscheinend wird, wenn ein Interesse und Bedürfnis nach hochwertigem Sehen nicht besteht, vielfach nur ein sehr schwaches Sehresultat erreicht und als gegeben akzeptiert.

5. Fall: W. K., ein 27jähriger Heizungsmonteur, wurde mit perforierender Hornhaut- und Linsenverletzung bei intraokularem Metallsplitter links nach Arbeitsunfall eingeliefert. Mikrochirurgische Wundversorgung. Visus LA: Fingerzählen in 0,25 m, Lux mit intakter Lokalisation. Nach 6 Wochen Linsendiscision und -ablassung. 12. Tag Entlassung mit Visus LA: + 12,0 = 0,5.

3 Monate später Anpassung einer weichen Kontaktlinse.

Untersuchungsbefunde (Biometer): Visus LA: 0,63 c.c., Nahvisus: 0,5 c.c., WORTH positiv, Binokularesehen Gruppe 4 (2 Punkte), kein stereoskopisches Sehen (nur TITMUS Fliege positiv), Aniseikonie fern: 1,5%, nah: 2%.

Kontaktlinse wird 4 - 6 Stunden am Tag getragen. Beschwerden: Blendungsempfindlichkeit.

Auf Grund des positiven WORTH-Tests ist noch ansatzweise Binokularesehen vorhanden. Da die Aniseikonie sehr gering ist, kann der Ausfall des stereoskopischen Sehens nicht auf die Aniseikonie zurückzuführen sein. Der Patient sagte, daß ihn seine Sehhilfe störe, konnte aber keinen konkreten Grund dafür angeben. Er habe auch mit der Handhabung Schwierigkeiten. Ob er die Kontaktlinse trage oder nicht, mache keinen großen Unterschied.

Der Grund für das schlechte Sehergebnis ist wahrscheinlich in einer entstandenen sekundären Divergenz zu suchen. Diese ist jedoch nicht auf eine Aniseikonie zurückzuführen. Darüber hinaus scheint auch in diesem Fall die geringe Motivation des Patienten zu besseren Sehleistungen eine Rolle zu spielen.

6. Fall: H. K., 28 Jahre alt, Hausfrau. Nach Autounfall perforierende Hornhaut-Skleraverletzung unter Beteiligung von Iris und Linse rechts. Nach mikrochirurgischer Wundversorgung Visus RA: Handbewegungen in 1 m, Lux mit intakter Lokalisation. Diagnose: Cataracta traumatica RA mit dichter Linseneintrübung. Nach 3 Monaten Linsendiscision und -ablassung. Entlassungsvisus RA nach 15 Tagen mit postoperativ komplikationslosem Verlauf: 0,1 c.c. + 12,0.

4 Wochen später Anpassung einer weichen Kontaktlinse. Wegen Visusverschlechterung nach 7 Monaten Nachstardiscision. Verordnung einer neuen Haftschale. Visus RA: 0,5 c.c.

Untersuchungsbefunde (Biometer): Visus RA: 0,4 c.c., Nahvisus: 0,3 c.c., WORTH positiv, Binokularesehen Gruppe 3 (16 Punkte), Aniseikonie fern: 8%, nah: 9%.

Regelmäßiges Tragen der Kontaktlinse 8 Stunden/Tag. Beschwerden: Geringe Störungen in der Raumwahrnehmung.

Die höhere Aniseikonie konnte das Binokularesehen nicht verhindern. Bei Erzielung einer höheren Sehschärfe nach Anpassung einer neuen Kontaktlinse ist wahrscheinlich ein noch besseres Resultat zu erwarten. Die Störungen in der Raumwahrnehmung, die zunächst stärker waren, sind fast ganz zurückgegangen. Beim Autofahren ergeben sich manchmal noch Probleme, die sich auf Einparken und Durchfahren von engen Einfahrten beziehen. Auffallend ist der Wunsch der Patientin, ihre Behinderung möglichst zu ignorieren. Sie wollte sich der Untersuchung zunächst gar nicht unterziehen. Es handelt sich dabei wohl um die Art ihrer Verarbeitung dieser Problematik. Sie möchte allerdings möglichst gut sehen können und ist nach Kenntnis der Untersuchungsergebnisse bereit, eine neue Kontaktlinsenanpassung durch ihren niedergelassenen Augenarzt vornehmen zu lassen. Als motivierend wirkt für sie zusätzlich der Gedanke, möglicherweise eine Brille, die sie aus kosmetischen Gründen ablehnt, ständig tragen zu müssen.

7. Besprechung der Ergebnisse und Schlußfolgerungen

7.1 Diskussion

Die verschiedenen Prüfungen auf Binokular- und stereoskopisches Sehen ermöglichen einer emmetropischen Untersuchungsperson gute und sehr gute Ergebnisse. Das geht aus den Befunden der Testreihe hervor, die LAUDERT (78) an 27 normalsichtigen oder voll auskor-

rigierten jugendlichen Probanden mit dem Biophtometer nach REINER erhoben hat.

Im Vergleich dazu fallen die Ergebnisse der unilateral aphaken, mit Kontaktlinse versorgten Patienten in der Mehrzahl stark ab. Ein annähernd normales binokulares Simultansehen oder gar Stereosehen konnte nur von 6 der 43 untersuchten Patienten erreicht werden. In den anderen Fällen kann man eher von subnormalen Werten für Binokularsehen, bei 11 Patienten nur von einem schlechten Therapieergebnis der einseitigen Aphakie sprechen. Die Angabe, daß 74% der Patienten Binokularsehen erreichten, muß daher immer mit der Einschränkung gemacht werden, daß ein sehr differenzierter Betrachtungsmaßstab anzulegen ist. Insoweit sind Literaturangaben über Erfolgszahlen schlecht vergleichbar, es sei denn, man hätte mit gleichen Methoden gemessen. Trotzdem scheinen die vorliegenden Ergebnisse auch unter Berücksichtigung dieser Erkenntnisse nicht schlechter als bei vergleichbaren Publikationen zu sein.

Der Verzicht auf Forderung einer Mindestsehschärfe für die einseitig Aphaken hat sich nachträglich als richtig erwiesen. Auch mit geringerer Sehschärfe lassen sich noch recht gute binokulare Seheleistungen erzielen. Mit einem Durchschnittsvisus von 0,54 der Gruppe mit Binokularsehen gegenüber 0,26 der ohne beidäugiges Sehergebnis besteht dennoch der beschriebene Zusammenhang zwischen diesen Größen.

Auffallend ist insgesamt jedoch, daß sich die durchschnittliche Sehschärfe aller Patienten auf einem niedrigeren Niveau als bei anderen Untersuchungen bewegt. So fordern EHRICH und KOLBEGGER (45) eine Sehschärfe von 1,0 für die Wiederherstellung des Binokularsehens. Dieser Wert kann hier nur annähernd von den Patienten der Gruppe 1 erreicht werden.

Die Neuverordnung einer Haftschele kann wahrscheinlich nur wenige der betreffenden Fälle klären.

Daß ältere Patienten postoperativ ein besseres Binokularresultat erreichten, wird in der vorliegenden Untersuchung bestätigt. Als Ursache gilt die bereits fehlende Akkommodation im Presbyopenalter

(45) und die geringere Aniseikonie (GERNET).

Die Sehschärfe der presbyopen Patienten ist mit 0,57 im Durchschnitt zu 0,36 in der Gruppe der Vorpresbyopen deutlich höher. Da der Aniseikonie, wie ermittelt, nicht die entscheidende Rolle beim Binokularsehen Presbyoper zukommt, ist - neben der ausgefallenen Akkommodation - ein Einfluß der Sehschärfe anzunehmen.

Dazu passend ist die Ermittlung der besseren Sehergebnisse für Patienten mit nicht traumatischer Katarakt, die vorwiegend älter sind. Posttraumatisch Aphake erreichten meist nur schwaches Binokularsehen. Dieser Unterschied ist sehr deutlich.

Ein weiteres auffallendes Indiz ist die mit abnehmendem beidäugigen Sehen steigende Anzahl von Personen mit körperlichen Berufen und geringerem Bildungsniveau. Diese Patienten tragen die Haftschaale kürzer und seltener. Die arbeitsaufwendige und nicht immer leichte Handhabung von Kontaktlinsen und die Arbeitsbedingungen in vielen Berufen (Staub, Schmutz) einerseits, Indolenz und Desinteresse an gutem Binokularsehen andererseits, sind sicher zu einem Großteil die Erklärung dieser Beobachtung. Für diesen Patientenkreis wäre, unter strenger Indikationsstellung, wie JAFFE es empfiehlt, die Implantation einer intraokularen Linse zu prüfen.

Die tägliche Tragezeit der Kontaktlinse hat einen großen Einfluß auf das Binokularsehen, was die überdurchschnittlichen Ergebnisse für die Patientengruppe mit einer Tragezeit von 8 Stunden und länger am Tag beweist.

Umgekehrt ist die Tragezeit von den Parametern: Verträglichkeit des Präparates, geringe Beschwerden wegen optischer Mängel, keine störende Diplopie abhängig, so daß diese Aussage an sich nicht ungewöhnlich ist. Viele Patienten weisen mit der Schilderung für sie störender Symptome beim Tragen der Haftschaale schon auf die dann bei der Untersuchung aufgedeckten schwachen binokularen Sehergebnisse hin.

Die Zeit zwischen der Visusverschlechterung bzw. der Kataraktoperation und der Kontaktlinsenanpassung soll möglichst kurz sein,

vor allem, um einer beginnenden sekundären Divergenz vorzubeugen. Auch bei der vorliegenden Untersuchung haben die Patienten mit den guten Sehergebnissen nur eine kurze Verlustzeit des Binokularsehens gehabt. Bei einem Zeitintervall von über einem Jahr beginnen die Sehleistungen schnell schwächer zu werden. In der Patientengruppe mit über zweijährigem binokularem Sehverlust überwiegen die Fehlschläge der Kontaktlinientherapie einseitig Aphaker.

Aniseikonie beeinflußt das Binokularsehen nicht. Der Vergleich der durchschnittlichen Aniseikonie in den Gruppen mit und ohne Binokularsehen läßt ebenso wenig wie die Gegenüberstellung von Höhe der Aniseikonie und Grad des Binokular- und Stereosehens eine stärkere positive Korrelation erkennen. Nur extrem hohe Aniseikoniewerte, die allerdings bei den Untersuchungen nur selten gefunden wurden, verhindern mit Sicherheit das beidäugige Sehen. Für Werte, die sich zum Teil auch oberhalb der Toleranzgrenze bewegen, ist ein permanent existenter Einfluß nicht festzustellen.

Offensichtlich ist Aniseikonie nur einer unter mehreren Faktoren, der - in Verbindung mit anderen - nachhaltigen Einfluß auf den komplexen Vorgang des Binokular- und Stereosehens ausüben kann. Anscheinend wirken, über die mathematisch ermittelte Netzhautbildgrößendifferenz hinaus, Teilgrößen ein, die als Summe die beim simultanen Sehvorgang auftretende Aniseikonie ergeben.

Der Vorteil des Biotometers, die Beobachtung der Aniseikonie-Testfigur in dem natürlichen Sehumfeld, schafft möglicherweise Sehbedingungen, unter denen es zu den beschriebenen Ergebnissen kommt.

Der Vergleich der vorpresbyopen und presbyopen Patienten hinsichtlich der Aniseikonie zeigt die erwarteten höheren Aniseikoniewerte für die jüngeren Patienten. Der Unterschied ist jedoch nur geringfügig, (1,5%), so daß schlechtere binokulare Sehleistungen im Vorpresbyopenalter nicht allein hierdurch zu erklären sind. Die absoluten Prozentzahlen bewegen sich, wie bei den anderen Aniseikonievergleichen, insgesamt unterhalb der Toleranzgrenze. (vgl. Tab. 13).

Die Antwort auf die vorgegebene Fragestellung, ob Aniseikonie einen störenden Einfluß auf den täglichen Lebensablauf der Patienten hat,

muß in diesem Zusammenhang verneint werden. Die Auswertung der subjektiven Angaben ergab darüber hinaus, daß nur wenige Beschwerden auf Aniseikonie zurückzuführen sind.

Zusammengefaßt ergab die Auswertung der Daten, daß folgende Faktoren das Binokularsehen positiv beeinflussen:

- a) Der Visus ist in der Patientengruppe mit Binokularsehen deutlich höher als bei Personen ohne beidäugiges Sehen.
- b) Patienten mit Binokularsehen hatten zum Zeitpunkt der Sehverschlechterung bzw. der Kataraktoperation ein höheres Alter als diejenigen ohne dieses Merkmal.
- c) Einseitig aphake Patienten nach Operation einer nicht traumatischen Katarakt erreichen ein besseres Binokularresultat als bei traumatischer Katarakt.
- d) Tätigkeiten in mehr geistigen Berufen und solche, die eine höhere Schulbildung voraussetzen, haben einen positiven Einfluß auf das beidäugige Einfachsehen.
- e) Die tägliche Tragezeit der Kontaktlinse sollte möglichst länger als 6 - 8 Std. sein. Fast alle Patienten mit der längsten Tragezeit erzielten gute Ergebnisse im Binokular- und Stereosehen.
- f) Ein kurzes Zeitintervall zwischen Kataraktoperation und Haftschalenanpassung trägt zu besseren binokularen Sehleistungen bei.
- g) Die Tragedauer der Kontaktlinse beeinflußt das Binokularsehen positiv. Bei einer mehr als 2 Jahre zurückliegenden Haftschalenanpassung werden die besten Sehergebnisse erzielt.

Keinen Einfluß auf binokulares und stereoskopisches Sehen hat:

Die Aniseikonie. Patienten ohne beidäugiges Einfachsehen haben eine nur um durchschnittlich 1,7% höhere Netzhautbildgrößendifferenz.

Die durchschnittlichen Aniseikoniewerte in den beiden Vergleichsgruppen mit und ohne beidäugiges Sehen liegen noch unter der Toleranzgrenze von 7%.

7.2 Kritische Stellungnahme zu den eigenen Ergebnissen

Nach Abschluß der Untersuchungen mit dem Biophtometer nach REINER soll zu einigen Punkten eine kritische Stellungnahme abgegeben werden.

Bei den Visusbestimmungen zeigte sich, daß die ermittelten Sehschärfenwerte für 0,35 m meist über denen für 5 m und Unendlich lagen. Normalerweise liegt der Maximalvisus jedoch in einer größeren Entfernung. Dieser scheinbare Widerspruch erklärt sich aus der schon erwähnten unterschiedlichen Größe des Betrachterwinkels. Das Betrachterauge befindet sich innerhalb der einfachen Brennweite des Hohlspiegels und nicht, wie es notwendig wäre, genau in der Brennebene. Der gleiche Betrachterwinkel für alle Beobachtungen ist in einer Entfernung von ca. 0,2 m hinter der Durchblicköffnung gegeben. Bei künftigen Messungen muß dieser Punkt genau festgelegt werden, um eine noch bessere Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu ermöglichen.

Der größere Beobachtungswinkel bei 0,35 m könnte auch die Resultate des 3-Stäbchen-Test nach HERING und der Polarisations-tests beeinflussen haben. Teilweise ergaben sich beim 3-Stäbchen-Test geringere Steuungswerte und weniger Abweichungen als in den anderen Entfernungen. Bei den Pola-Tests fiel manchmal eine Unsicherheit in der Beurteilung auf.

Die Beobachtung der Aniseikoniefigur in 0,35 m ließ aus den gleichen vorerwähnten Gründen einen exakten Größenvergleich der beiden Rechteckhälften nicht immer zu. Dadurch kam es zu Fehlversuchen in dieser Prüferentfernung.

Der durchschnittlich erzielte Visus ist gegenüber anderen Untersuchungen einseitig aphaker Patienten geringer. Trotzdem wurde Binokularsehen erreicht. Es wäre an anderer Stelle noch zu prüfen, ob es sich hierbei generell um eine Eigenschaft der untersuchten Personen handelt oder diese Werte auf andere Ursachen zurückzuführen sind.

Bei den Prüfungen auf Aniseikonie und besonders auf Binokular- und Stereosehen bestehen im allgemeinen Unzulänglichkeiten. Ein Blick

auf die zahlreichen Publikationen zeigt eine kaum überblickbare Vielfalt von Untersuchungsmethoden. Kombinationen mehrerer Prüfgeräte ergeben dann häufig ein Testprogramm, dessen Ergebnis sich nur schwer mit denen anderer Untersucher vergleichen läßt. Teilweise werden Techniken verwendet, mit denen höchstens subnormale Werte zu erzielen sind. Die Aussage "Binokularsehen positiv" ist noch kein Hinweis auf die Qualität des binokularen und stereoskopischen Sehens. Aus diesem Grunde wäre es wünschenswert, Maßstäbe festzulegen, mit deren Hilfe eine bessere Abschätzung der verschiedenen Ergebnisse vorgenommen werden könnte.

Der Einsatz des Biotometers erweist sich als sehr problemlos und positiv. Die Handhabung ist funktionell einfach und bereitet auch an den von Patienten zu betätigenden Bedienungselementen keine Schwierigkeiten. Durch die Konzentration verschiedenster Prüfmöglichkeiten in einem Gerät wird eine Platz- und Zeitersparnis erreicht. Die Sehprüfung innerhalb des freien Raumes und normalen Sehumfeldes beinhaltet für den Patienten Vorteile, besonders bei stereoskopischen Prüfungen und Aniseikoniemessung. Beim Blick in den freien Raum können Vergleiche mit natürlichen Entfernungen vorgenommen werden, die in der Durchblicköffnung sichtbar sind. Das erleichtert die Beurteilung der abstrakten Testfiguren.

Bei direkter Sonneneinstrahlung erscheinen die Prüfobjekte wegen der dann mangelnden Leuchtstärke zu blaß, so daß feine Unterschiede (z.B. Öffnung des LANDOLD-Ringes) manchmal nicht erkennbar sind.

7.3 Schlußfolgerungen

Die Kontaktlinsentherapie bei einseitig aphaken Patienten kann auf Grund unserer Untersuchungen weiterhin dem praktisch tätigen Augenarzt empfohlen werden.

Zur Erzielung eines guten binokularen und stereoskopischen Sehens ist dabei folgendes zu beachten:

a) Die Sehschärfe mit Kontaktlinse sollte gute Werte erreichen. Bei

zu geringem Visus ($<0,3$) ist an schlechten Sitz, Beschädigungen oder Verschmutzungen der weichen Kontaktlinse zu denken. In diesen Fällen sollte immer eine Neuverordnung erfolgen. Bei bestehender Cataracta secundaria ist eine frühzeitige Nachstardiscision angezeigt.

Ein Nahzusatz muß in allen Fällen verordnet werden, um einer sekundären Divergenz vorzubeugen.

- b) Für die Haftschalenanpassung ist es wichtig, daß sie so früh wie möglich nach der Operation vorgenommen wird. In diesem Fall besteht auch für vorpresbyope Patienten eine gute Möglichkeit, ihr beidäugiges Sehvermögen schnell wiederzuerlangen. Hat sich bereits eine Divergenz entwickelt, sollte neben einer Schieloperation (Externusrücklegung bds.) auch an eine orthoptische Schulung gedacht werden.
- c) Von ärztlicher Seite muß ein aufklärendes Gespräch über Vor- und Nachteile der auf der Hornhaut schwimmenden Kontaktlinse geführt werden. Die Probleme, die ein Verlust des binokularen Sehens auf Dauer mit sich bringt, werden sicher den meisten Patienten einleuchtend sein und ihnen die Motivation vermitteln, kleine Anfangsschwierigkeiten beim Tragen der Linse zu überwinden. Eine intensive und regelmäßige Nachbetreuung besonders von labilen oder indolenten Patienten wird sich immer positiv auf das Sehen auswirken.
- d) Da der Faktor Aniseikonie außer bei Werten, die weit über der Toleranzgrenze liegen, keinen statistisch signifikanten Einfluß auf das Binokularsehen hat, kann in den meisten Fällen auf weitergehende Maßnahmen zur Behebung der Aniseikonie verzichtet werden. Die Kontaktlinse ist immer dann, wenn auch der Patient mit seiner Sehhilfe zufrieden ist, eine adäquate Korrektur für die einseitige Aphakie.

Bei Personen im Vorpresbyopenalter wird es auf Grund zu hoher Aniseikonie gelegentlich vorkommen, daß die Haftschalentherapie nicht ausreichend ist. Bei diesen Patienten besteht die Möglich-

keit, mit Hilfe der intraokularen Linse oder der "kombinierten Korrektur" die Netzhautbildgrößendifferenz zu reduzieren und Binokularsehen wiederherzustellen.

8. Zusammenfassung

Bei einer einseitigen Aphakie differieren die Netzhautbildgrößen beider Augen in der Regel um ca. 36%. Dieser Unterschied verhindert Binokularsehen. Als Korrektionsmöglichkeiten der einseitigen Aphakie bieten sich Starbrillen, Kontaktlinsen, intraokulare Linsen und das umgekehrte "Holländische Fernrohr" an. Außer der Starbrille, die noch eine dem beidäugigen Sehen abträgliche Aniseikonie von 25 - 30% erzeugt, finden die anderen Therapeutika Anwendung. Die Kontaktlinse, mit einer Aniseikonie von ca. 7%, ist dabei heute die am häufigsten verwendete Korrektur.

Die Aniseikonie, ein von LANCASTER geprägter Begriff, ist seit über 40 Jahren in der Ophthalmologie Gegenstand von Untersuchungen und in ihrer Bedeutung für das beidäugige Sehen nicht einheitlich beurteilt. AMES und andere führten eine Klassifikation ein, die Aniseikonie in den verschiedenen Meridianen unterscheidet. Bekannt ist, daß ab einer Aniseikonie von ca. 7 - 8% Binokular- und Stereosehen beeinträchtigt werden können.

Das Binokularsehen, nach Abbildung von Seheindrücken auf Netzhautstellen gleicher Lagebeziehung zur Fovea, ist ein Ergebnis der motorischen und sensorischen Fusion. Innerhalb des PANUM-Areals kann auch mit nicht korrespondierenden Netzhautstellen binokular einfach gesehen werden. Beim stereoskopischen Sehen werden darüber hinaus Bilder außerhalb des Horopters, die querdissparat gesehen werden, zur Herstellung eines Tiefeneindruckes herangezogen. Die Toleranzgrenze für Querdissparation gibt gleichzeitig den Aniseikoniengrenzwert an, der noch Binokularsehen zuläßt.

Die Behandlung von Aniseikonien bis zu 5%, die nicht durch Aphakie bedingt sind, wird mit Aniseikoniengläsern, die auf dem Prinzip des "Holländischen Fernrohrs" basieren, durchgeführt. Zu berücksichtigen ist bei diesen Gläsern wie bei starken Plusgläsern eine zusätzliche

Eigenvergrößerung und Gewichtszunahme der Gläser.

Neben anderen Methoden wie Kippfeld und Space-Eikonometer von AMES und Phasendifferenz-Haploskop nach AULHORN steht für Aniseikoniebestimmung und zahlreiche andere ophthalmologische Messungen das Biophtometer nach REINER zur Verfügung. Mit Hilfe je eines teildurchlässigen Hohl- und Planspiegels gestattet es einen Meßbereich zwischen 0,35 m und Unendlich. Bei Konzentration zahlreicher Untersuchungsmethoden, die beschrieben werden, auf kleinem Raum gestattet das Gerät, mit Testobjekten, die durch die Durchblicköffnung im freien Raum innerhalb der normalen Sehumgebung betrachtet werden, Prüfungen durchzuführen.

Zur Feststellung von Aniseikonie und Binokularsehen wurden an diesem Gerät 43 einseitig aphake Patienten untersucht, die mit Kontaktlinse korrigiert waren. 32 Personen (74%) erreichten nach Kontaktlinsenkorrektur der einseitigen Aphakie Binokularsehen. Eine Klassifikation in verschiedene Gruppen mit Binokularsehen zeigte, daß überwiegend nur subnormale Ergebnisse erzielt wurden. Bei 6 Patienten bestand optimales beidäugiges Sehen.

Die Auswertung ergab, daß folgende Faktoren Binokular- und Stereosehen fördern:

- Höherer Visus (optimale Linsenkorrektur)
- Höheres Alter des Patienten
- Zustand nach Operation einer nicht traumatischen Katarakt
- Tätigkeit in geistigem Beruf und höhere Schulbildung
- Lange tägliche Tragezeit der Haftschale
- Längere Tragedauer seit Verordnung der Kontaktlinse
- Kurzes Intervall zwischen Visusverschlechterung bzw. Operation und Korrektur der einseitigen Aphakie.

Aniseikonie hat dagegen keinen Einfluß auf das Binokularsehen, wenn sie sich innerhalb eines normalen Rahmens bewegt, der auch über der Toleranzgrenze von 7% liegen kann. Nur extrem hohe Werte (> 12%) verhindern besonders bei vorpresbyopen Patienten ein postoperatives Binokularsehen.

Die Aniseikonie liegt im Durchschnitt für alle Patientengruppen unterhalb der Toleranzschwelle, auch bei Personen ohne Binokularsehen und bei Vorpresbyopen.

Die Auswertung der subjektiven Beschwerden zeigte, daß die von den Patienten geschilderte Symptomatik nicht allein auf die Aniseikonie zurückzuführen ist. Nur 9 von 38 Patienten fühlten sich durch das Tragen der Kontaktlinse stärker beeinträchtigt. Bei diesen ist die Aniseikonie zumeist höher als beim Gesamtkollektiv.

Bei guter postoperativer Nachbetreuung und regelmäßiger Überprüfung der Korrektur ist die Kontaktlinsentherapie einseitig Aphaker in der überwiegenden Zahl der Fälle erfolgreich. Nur für Patienten mit extremer Aniseikonie und bei solchen mit Schwierigkeiten bei der Handhabung und beim Tragen der Haftscheibe ist die Korrektur mit intraokularer Linse oder "kombinierter Korrektur" notwendig.
(ENOCH, GERNET, BINKHORST)

Das Spiegeloptometer hat sich bis auf einige geringe Mängel bei der Prüfentfernung von 0,35 m, die auf Grund einer fehlenden exakten Definition des Beobachterabstandes auftraten, voll bewährt. Besonders die Betrachtungsmöglichkeit der Testobjekte im freien Raum erbrachte Vorteile, die sich sehr positiv bei stereoskopischen Untersuchungen auswirken.

9. Literatur

- (1) AMES, A., G.H. GLIDDON, K.N. OGLE Size and shape of ocular images
Arch. Ophthal. 7, 576-597, 1932
- (2) AMES, A. Aniseikonia: A factor in the functioning of vision
Am. J. Ophthal. 18, 1014-1020, 1935
- (3) AMES, A. The Space Eikonometer Test for Aniseikonia
Am. J. Ophthal. 28, 248-262, 1945
- (4) AMOS, J.F. Refractive amblyopia: Its classification, etiology
and epidemiology
J. Am. Optom. Assoc. 48, 489-495, 1977
- (5) AULHORN, E. Erfahrungen mit der Phasendifferenzhaploskopie
64. Bericht d. Ophthal. Ges., Heidelberg 1968
- (6) AULHORN, E. Die Messung der Aniseikonie mit dem Phasendifferenz-
haploskop
Referat geh. Tagung d. Rh.-Main. Augenärzte, Homburg 1975
(unveröff.)
- (7) AWETISSOW, E.S., T.P. KASCHTSCHENKO Das Verfahren zur Bestim-
mung der Fusionskraft und die Ergebnisse bei dessen Anwendung
Klin. Mbl. Augenheilk. 164, 734-738, 1974
- (8) BANNON, R.E., J. NEUMUELLER, H.M. BURIAN Aniseikonia and space
perception- after 50 years
Am. J. Optom. 47, 423-441, 1970
- (9) BENNETT, A.G. The corrected aphakic eye: a study of retinal
image sizes
Optician 125, 106-111, 1968
- (10) BERENS, C., R.E. BANNON Aniseikonia
Arch. Ophthal. 70, 181-188, 1963
- (11) BERG, F. Über die optischen Eigenschaften der Iseikoniegläser
Acta ophthal. 16, 228-234, 1938
- (12) BERGER, L. Die Fusion höhendistanter und gedrehter Doppelbilder
Albrecht v. Graefes Archiv Klin. Ophthal. 154, 389-400, 1953

- (13) BERGER,A., M. MONJE Über den Einfluß der Aniseikonie auf das Tiefensehen
Albrecht v. Graefes Archiv Klin. Ophthal. 148, 515-528, 1948
- (14) BERTE,A.P., K.A. HARWOOD The clinical correction of aniseikonia
Br. J. Physiol. Opt. 18, 108-116, 1961
- (15) BIRGE,H.L. Aniseikonia
Arch. Ophthal. 27, 357-360, 1942
- (16) BLUM,J.D. La tolérance des verres de contact dans la pratique:
enquête auprès de nos cinquante premiers cas.
Ophthalmologica 117, 214-217, 1949
- (17) BOEDER,P. Power and magnification properties of contact lenses
Arch. Ophthal. 19, 54-67, 1934
- (18) BONNET,R., J.P. GERHARD, H. MASSIN Les Verres de contact
Soc. Ophthal. Fr. Numéro spécial, 1966
- (19) BRECHER,G.A. Aniseikonie und Fusion
Albrecht v. Graefes Archiv Klin. Ophthal. 147, 17-53, 1944
- (20) BRONNER,A., J.P. GERHARD La vision binoculaire de l'aphaque
unilatéral porteur de verres de contact
Bull. Soc. Ophthal. Fr. 59, 703-706, 1959
- (21) BROWN,R.M., J.M. ENOCH Combined rules of thumb in aniseikonic
prescriptions
Am. J. Ophthal. 69, 118-126, 1970
- (22) BRUENS,E. Die optimale Rehabilitation des linsenlosen Auges
Klin. Mbl. Augenheilk. 150, 538-539, 1967
- (23) BUDDE,E., G. MACKENSEN Zur Korrektur der einseitigen
Aphakie mit Hornhaut-Kontaktschalen
Klin. Mbl. Augenheilk. 143, 729-737, 1963
- (24) BURIAN,H.M. Optics: Fusion in unilateral aphakia
Tr. Am. Acad. Ophthal. Otol. 66, 285-289, 1962
- (25) CARLETON,E.R., L.F. MADIGAN Relationships between Aniseikonia
and Ametropia
Arch. Ophthal. 18, 237-247, 1937

- (26) CARRERAS-DURAN,B. En torno a la aniseiconia
Arch. Soc. oftal. hisp.-am. 9, 934-941, 1949
- (27) CHRISTMAN,E.H. Correction of Aniseikonia in Monocular Aphakia
Arch. Ophthal. 85, 148-149, 1971
- (28) COHEN,A. Calculating magnification differences in Monocular
Aphakia
Am. J. Optom. Physiol. Opt. 53, 294-296, 1976
- (29) CONSTANTINE,E.F., J.M. MACLEAN Contact lenses in aphakia
Arch. Ophthal. 51, 212-215, 1954
- (30) CORDS,R. Die Pathologie der Augenbewegungen
In: Schiek,F., A. Brückner Kurzes Handbuch Ophthalmologie Bd.III
Springer, Berlin 1930
- (31) COWAN,A. Some factors concerned in the correction of aphakia
Arch. Ophthal. 12, 571-579, 1934
- (32) COWAN,A. Monocular aphakia
Arch. Ophthal. 50, 16-18, 1953
- (33) CRONE,R.A., O.M. LEURIDAN Tolerance for Aniseikonia I. Diplopia
Thresholds in the vertical and horizontal meridians of the
visual field
Albrecht v. Graefes Archiv Klin. Ophthal. 188, 1-16, 1973
- (34) CRONE,R.A., O.M. LEURIDAN Tolerance for Aniseikonia II. Deter-
mination based on the amplitude of cyclofusion
Albrecht v. Graefes Archiv Klin. Ophthal. 188, 17-22, 1973
- (35) CRONE,R.A., O.M. LEURIDAN Unilateral aphakia and tolerance
of aniseikonia
Ophthalmologica 171, 258-263, 1975
- (36) DANNHEIM,E., F. SCHLIETER, H. KAUFMANN Binokularsehen bei
einseitiger Aphakie
(Ms., unveröffentlicht)
- (37) DAVIS,R.J. Empirical corrections for aniseikonia in
preschool anisometropes
Am. J. Optom. 36, 351-364, 1959

- (38) DESAGULIERS
Zit. n. M. v. Rohr In: Z. Instrumentenkde. 36, 226, 1916
- (39) DONDERS, F.C. Versuch einer genetischen Erklärung der Augenbewegungen
Pflügers Archiv f. Physiol. 13, 373-421, 1876
- (40) DREIFUS, M. Binokularität bei einseitig traumatischer Aphakie
Arbeitskreis Kontaktlinsen, Bd. 3, 1976
- (41) DUKE-ELDER, S. Binocular Vision
In: Duke-Elder, S. System of Ophthalmology Vol. IV, Kimpton, London 1968
- (42) DUKE-ELDER, S. Aniseikonia
In: Duke-Elder, S. System of Ophthalmology Vol. V, Kimpton, London 1970
- (43) DUKE-ELDER, S. Aphakia
In: Duke-Elder, S. System of Ophthalmology Vol. V, Kimpton, London 1970
- (44) DYER, J.A., K.N. OGLE Correction of unilateral aphakia with contact lenses
Am. J. Ophthal. 50, 11-16, 1960
- (45) EHRICH, W., K. KOLBEGGER Posttraumatische einseitige Aphakie und Kontaktlinse - binokulare Funktionen beim Erwachsenen
Augenarzt 4, 250-264, 1976
- (46) EMSLEY, H.H. The correction of unilateral aphakia with contact lenses
Optician 95, 283-284, 1938
- (47) ENOCH, J.M. A spectacle contact lens combination used as a reverse Galilean telescope in unilateral aphakia
Am. J. Optom. 45, 231-240, 1968
- (48) FLICK, H. Die einseitige Aphakie im Kindesalter
Klin. Mbl. Augenheilk. 167, 664-669, 1975
- (49) FOLEY, J. Orthoptic investigation in unilateral aphakia
Br. Orthopt. J. 11, 3-9, 1954

- (50) GERHARD, J.P., A. BRONNER La durée de port dans le temps du verre de contact chez l'aphaque unilatéral. Etude des causes d'abandon
Bull. Soc. Ophthal. Fr. 55, 633-640, 1965
- (51) GERHARD, J.P. Erfahrungen mit Contactlinsen bei einseitiger Aphakie
In: Einführungs- und Fortbildungsvorträge der Allerheiligen-Tagungen, Wiesbaden 1961 - 1965, Arbeitskreis Contactlinsen im Berufsverband der Augenärzte Deutschlands, Düsseldorf 1967
- (52) GERNET, H. Ein Beitrag zur augenseitigen Optik
Klin. Mbl. Augenheilk. 165, 309-314, 1974
- (53) GERNET, H., H. OSTHOLT Objektive Aniseikoniemessung: Grundlagen und Möglichkeiten
Bibl. ophthal. 83, 287-293, 1975
- (54) GERNET, H. Objektive Aniseikoniemessung: Erste klinische Ergebnisse
Bibl. ophthal. 83, 294-300, 1975
- (55) GERNET, H. Augenseitige Optik und kombinierte Haftschaalenkorrektur der einseitigen Aphakie
Adv. Ophthal. 32, 67-107, 1976
- (56) GERNET, H., H. WERNER, H. OSTHOLT Zur Blendungsempfindlichkeit der unkorrigierten einseitig Aphaken im Straßenverkehr
Sitzungsbericht der 131. Vers. des Vereins Rh.-Westf. Augenärzte, Düsseldorf 1976
- (57) GERNET, H. Einseitige Aphakie - Konventionelle Kontaktlinse und Aniseikonie
Ophthalmologica 174, 340-345, 1977
- (58) GILLOT, H.F. The effect of binocular vision of variations in the relative sizes and levels of illumination of the ocular images
Part III
Br. J. Physiol. Opt. 14, 43-58, 1957

- (59) GIRARD, L.J., J.W. SOPER, W.G. SAMPSON (Hrsg.) Corneal contact lenses
Mosby, St. Louis 1970
- (60) GYÖRFFY, I., H. TOTH Die Frage der Bewährung der Kontaktlinsen bei unilateraler Aphakie
Klin. Mbl. Augenheilk. 161, 540-544, 1972
- (61) HALASS, S. Aniseikonia: A survey of the literature
Am. J. Optom. 43, 505-524, 1966
- (62) HARTINGER, H. Zur Haftglasberichtigung linsenloser Augen
Klin. Mbl. Augenheilk. 85, 584, 1930
- (63) HARTINGER, H. Brillen für Anisometropie und Aniseikonie
Klin. Mbl. Augenheilk. 100, 278-280, 1938
- (64) HERZAU, V., E. AULHORN Untersuchung des Stereosehens mit dem Phasendifferenzhaploskop
Klin. Mbl. Augenheilk. 167, 413-420, 1975
- (65) HERZAU, W. Erfahrungen bei Messung und Ausgleich von Aniseikonie
60. Bericht d. Ophthal. Ges. 1956
- (66) HIGHMAN, V.N. Stereopsis and aniseikonia in uniocular aphakia
Br. J. Ophthal. 61, 30-33, 1977
- (67) HICKS, A.M. Aniseikonia
Arch. Ophthal. 30, 298-311, 1943
- (68) HIRTENSTEIN, A. Contact lens in unilateral aphakia
Br. J. Ophthal. 34, 668-684, 1950
- (69) HIRTENSTEIN, A. Contact lens in unilateral aphakia
Br. Orthopt. J. 20, 68, 1963
- (70) HOLLWICH, F. Augenheilkunde
Thieme, Stuttgart 1976
- (71) HUGHES, W.L. Aniseikonia
Am. J. Ophthal. 19, 686-688, 1936
- (72) HUGHES, W.L. Aniseikonia in Emmetropia
Am. J. Ophthal. 20, 887-890, 1937

- (73) JACKSON,E. Practical importance of aniseikonia
Tr. Am. Ophthal. Soc. 40, 77-81, 1942
- (74) JAFFE,N.S. Cataract surgery and its complications
Mosby, St. Louis 1976
- (75) KERSLEY,H.J., C. KERR, D. PIERSE Hydrophilic lenses for
"Continuous" Wear in Aphakia
Br. J. Ophthal. 61, 38-42, 1977
- (76) LANCASTER,W.B. Aniseikonia
Arch. Ophthal. 20, 907-912, 1938
- (77) LANCASTER,W.B. Nature, scope and significance of aniseikonia
Arch. Ophthal. 28, 767-779, 1942
- (78) LAUDERT,J. Experimentelle Untersuchung der Aniseikonie bei
emmetropischen und ametropischen Augen
Inaugural-Dissertation, Münster 1981
- (79) LEURIDAN,O.M., A. NOORDENBOS Binocular vision in unilateral
aphakia corrected by contact lens
In: Winkelman,J., R.A. Crone (Hrsg.) Perspectives in Ophthalmology
Vol. II, Excerpta Medica, Amsterdam 1970
- (80) LINKSZ,A. Aniseikonia
Tr. Am. Acad. Ophthal. Otol. 63, 117-140, 1959
- (81) LINKSZ,A. Aniseikonia: Postscript or prologue?
Surv. Ophthal. 19, 5, 287-289, 1975
- (82) LYLE,K.T. The importance of orthoptic investigation before
contact lens fitting in unilateral aphakia
Tr. Ophthal. Soc. U. K. 73, 387-398, 1953
- (83) MACKEE,T.L. Restoration of binocular vision after unilateral
cataract extraction
Arch. Ophthal. 29, 996-999, 1943
- (84) MACNIE,J.P. Clinical aniseikonia
Arch. Ophthal. 40, 326-331, 1948
- (85) MAURER,Y. Survey of patients referred for orthoptic examination
from the contact lens department with special reference to cases
of unilateral aphakia
Br. Orthopt. J. 19, 62, 1962

- (86) MAY, W., J. WOOLSCROFT Corneal contact lenses in traumatic unilateral aphakia
Canad. J. Ophthal. 3, 231-236, 1968
- (87) MORRISON, L.C. Further studies on the adaptation to artificially-induced aniseikonia
Br. J. Physiol. Opt. 27, 84-101, 1972
- (88) MUENZLER, W.S. Fusion in aphakic anisometropia
Am. J. Ophthal. 62, 764-766, 1966
- (89) NOLAN, J., A. HAWKSWELL Clinical aspects of unilateral aphakia
Tr. Ophthal. Soc. U.K. 94, 480-486, 1974
- (90) NOTEBOOM, E. Die optischen Verhältnisse bei der Aniseikonie und bei ihrer Korrektur
4. Sonderdruck Wiss. Vereinig. d. Augenoptiker, 17-27, 1955
- (91) OGLE, K.N., H.M. BURIAN, R.E. BANNON On the correction of unilateral aphakia with contact lenses
Arch. Ophthal. 59, 639-652, 1958
- (92) OLIVIER, D., R. SUNDMACHER Postoperative Anpassung weicher Aphakie-Kontaktlinsen
Klin. Mbl. Augenheilk. 172(1), 110-113, 1978
- (93) PIPER, H.F. Untersuchungen zum Aniseikonieproblem
56. Bericht d. Ophthal. Ges. 1950
- (94) PIPER, H.F., B. HEUVELS Sehgewohnheiten mit Brille korrigierter einseitig Aphaker
Klin. Mbl. Augenheilk. 169, 285-289, 1976
- (95) POST, L.T. An evaluation of aniseikonia after twelve years
Am. J. Ophthal. 29, 742-745, 1946
- (96) PREUSSNER, E. Störungen im beidäugigen Sehen bei monokular aphaken Augen mit Kontaktlinse
Augenspiegel 16, 345-349, 1970
- (97) RAYNER, A.W. Aniseikonia and magnification in ophthalmic lenses: problems and solutions
Am. J. Optom. 43, 617-632, 1966

- (98) REINER, J. Auge und Brille Beiträge zur Optik des Auges und der Brille
Klin. Mbl. Augenheilk. 59, suppl., 1972
- (99) REINER, J. Ein neues Gerät zur Prüfung des binokularen Sehens
Klin. Mbl. Augenheilk. 170, 147-154, 1977
- (100) RICKLEFS, G. Erfahrungen mit Kornealschalen bei einseitiger Linsenlosigkeit
Klin. Mbl. Augenheilk. 141, 876-883, 1962
- (101) RIDLEY, F. Contact lenses in unilateral aphakia
Tr. Ophthal. Soc. U.K. 73, 373-386, 1953
- (102) RIEHM, E., H.J. THIEL Funktionelle Ergebnisse bei einseitig aphaken Kontaktlinsenträgern
Klin. Mbl. Augenheilk. 146, 589-592, 1965
- (103) ROSE, L., A. LEVINSON Anisometropia and Aniseikonia
Am. J. Optom. 49, 480-484, 1972
- (104) RUBEN, C.M. Unilateral aphakia
Br. Orthopt. J. 19, 39-61, 1962
- (105) RUBINSTEIN, K. Management of unilateral aphakia
Br. Orthopt. J. 17, 82-86, 1960
- (106) SACHSENWEGER, R. Aniseikonie
In: Velhagen, K. (Hrsg.) Der Augenarzt Bd. 2
Thieme, Leipzig 1972
- (107) SCHLEGEL, H.J. Neuzeitliche Sehhilfen
In: Schretsmayer, A. (Hrsg.) Almanach für die Augenheilkunde 1964
Lehmanns, München 1964
- (108) SCHLOSSHARDT, H. Über die Wiederherstellung des beidäugigen Sehens durch Haftgläser bei einseitigem Linsenverlust
Klin. Mbl. Augenheilk. 121, 358-362, 1952
- (109) SCHMITT, H., B. BORGGRÄFE Über das Binokularsehen mit Haftschale bei einseitiger Aphakie
Klin. Mbl. Augenheilk. 161, 534-539, 1972

- (110) SCHOBBER,H. Die Aniseikonie
4. Sonderdruck Wiss. Vereinig. d. Augenoptiker, 15-16, 1955
- (111) SCHOBBER,H. Das Sehen Bd. I
VEB Leipzig 1970
- (112) SPAETH,E.B. The treatment of monocular aphakia
Tr. Ophthal. Soc. U. K. 77, 517-532, 1957
- (113) SPAETH,P.G., P.M. O'NEILL Functional results with contact
lenses in unilateral congenital cataracts, high myopia and
traumatic cataracts
Am. J. Ophthal. 49, 548-554, 1960
- (114) TAYLOR,J.G. Aniseikonia: The Achilles heel of the classical
theory of vision
Br. J. Psychol. 62, 493-500, 1971
- (115) THIEL,H.J. Über den Zeitpunkt der Haftschalenanpassung nach
perforierender Verletzung
In: Einführungs- und Fortbildungsvorträge der Allerheiligen-
Tagungen Wiesbaden 1961 - 1965, Arbeitskreis Contactlinsen im
Berufsverband der Augenärzte Deutschlands, Düsseldorf 1967
- (116) TROUTMAN,R.C. Artiphakia and aniseikonia
Am. J. Ophthal. 56, 602-639, 1963
- (117) UEBERSCHAAR,G. Aniseikonia under the aspect of modern refraction
Optica Internat. 2, 6-15, 1965
- (118) WELSH,R.C. Contact lenses for Aphakics
Arch. Ophthal. 64, 251-253, 1960
- (119) WHEATSTONE,C. Contributions to the physiology of Vision
Philos. Tr. Roy. Soc. 2, 371, 1838
- (120) WIESINGER,H. Über die Korrektur der einseitigen Aphakie
mit Kontaktschalen
Klin. Mbl. Augenheilk. 160, 215-217, 1972
- (121) WILMS,K.H. Aphakie, Anisometropie, Aniseikonie
Augenoptiker 12, 3, 5-8, 1957
- (122) WILMS,K.H. Die Netzhautbildgröße bei der Kontaktglaskorrektion
Augenoptiker 16, 10, 5-6, 1961

10. Lebenslauf

Als erstes Kind des Wirtschaftsjuristen Walter Degenhardt und seiner Ehefrau Ingeborg, geb. Kleeberger, wurde ich am 17.2.1952 in Göttingen geboren. Bedingt durch berufliche Veränderung meines Vaters, verzogen wir im Jahre 1954 nach Bremen.

Am 1.4.1958 trat ich hier in die Grundschule ein, die ich 4 Jahre besuchte. Im Jahre 1962 erfolgte der Wechsel auf das Alte Gymnasium in Bremen, ein humanistisches Gymnasium. Am 12.5.1970 konnte ich dort erfolgreich das Abitur ablegen. Vom 1.1.1971 bis 31.12.1972 absolvierte ich meine Bundeswehrzeit bei der Nachschubtruppe und wurde als Reserveoffizier entlassen.

Mit Beginn des WS 1972/73 nahm ich das Studium an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster auf. Über 2 Semester studierte ich zunächst Philosophie und Germanistik und dann, nach Erhalt eines Studienplatzes, seit dem WS 1973/74 Humanmedizin. Am 25.8.1975 bestand ich das Physikum, am 31.8.1976 den 1. Teil des Staatsexamens. Zum WS 1978/79 wechselte ich an die Georg-August-Universität Göttingen über, wo ich am 15.3.1979 den 2. Teil des Staatsexamens ablegte. Das Praktische Jahr konnte ich an meinem Heimatort Bremen in den Evangelischen Diakonissenanstalten ableisten. Am 10.4.1980 bestand ich den schriftlichen, am 18.4.1980 den mündlichen Teil des 3. Teils des Staatsexamens. Mit Wirkung vom 5.5.1980 wurde die Approbation erteilt.

Seit dem 5.5.1980 bin ich wieder bei der Bundeswehr beschäftigt, wo ich mich für längere Zeit verpflichtet habe. Z.Zt. erfolgt mein Einsatz im Bundeswehrkrankenhaus Bad Zwischenahn, Chirurgische Abteilung.

Seit dem 13.9.1974 bin ich verheiratet mit der Lehrerin Petra Böhling. Wir haben einen Sohn, geboren am 7.11.1980.

